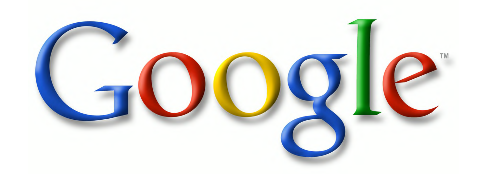
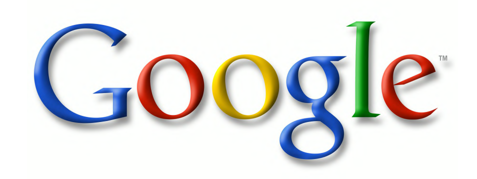
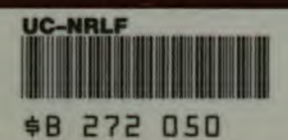
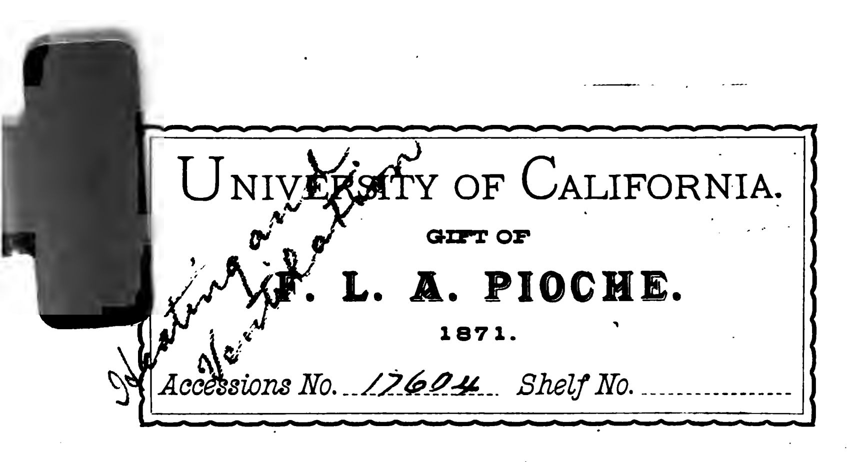





UC-NRLF
$B 272 050



MANUEL PRATIQUE

DU CHAUFFAGE

ET

DE LA VENTILATION

IMPRIMERIE GÉNÉRALE DE CH. LAHURE
rue de Fleurus, 9, à Paris.

SALUBRITÉ DES HABITATIONS

MANUEL PRATIQUE

DU CHAUFFAGE

ET

DE LA VENTILATION

PAR

ARTHUR MORIN

Général de division d'artillerie
membre de l'Institut, ancien élève de l'École Polytechnique
directeur du Conservatoire des Arts et Métiers
membre de la Société centrale d'Agriculture
président honoraire de la Société des Ingénieurs civils de France
membre correspondant de l'Académie royale des Sciences de Berlin
de l'Académie royale des Sciences de Madrid, de l'Académie des Sciences de Turin
de l'Académie royale des Géorgophiles de Florence
de l'Académie de Metz, de la Société industrielle de Mulhouse
de la Société littéraire et philosophique de Manchester
de la Société impériale d'Arts et Manufactures de Toscane
de la Société des ingénieurs civils d'Écosse
de l'Académie des nuovi lyncei de Rome

PARIS
LIBRAIRIE DE L. HACHETTE ET CIE
BOULEVARD SAINT-GERMAIN, N° 77

1868

PRÉFACE

En publiant, sous la forme d'un simple Manuel sur le chauffage et la ventilation des lieux habités, le résultat des recherches que depuis longues années j'ai poursuivies, à l'aide des principes de la mécanique et surtout avec le secours des nombreuses observations qu'il m'a été permis de faire ou de recueillir, je me suis proposé de propager les règles et les proportions qu'il convient d'adopter pour résoudre la plupart des problèmes d'application qui peuvent se présenter dans la pratique.

Ces questions, dans lesquelles la santé publique et le bien-être des individus sont si directement intéressés, ont été jusqu'à ce jour trop négligées par les architectes qui, pour la plupart, ne s'en préoccupent guère et s'en rapportent avec trop d'indifférence aux

ingénieurs praticiens, auxquels ils ne s'adressent le plus souvent que quand les édifices sont à peu près construits, ce qui crée aux plus habiles de nombreuses difficultés et occasionne un grand surcroît de dépenses, devant lequel les administrations et les particuliers reculent presque toujours.

L'on verra, au contraire, que si, dès l'origine des travaux, les dispositions à prendre étaient étudiées et arrêtées, les frais spéciaux de construction nécessités pour obtenir un renouvellement régulier et complet de l'air dans tous les lieux habités, n'atteindraient qu'une faible proportion de la dépense totale et que les frais annuels et permanents, pour obtenir une salubrité si nécessaire et si souvent désirée, ne s'élèveraient qu'à un chiffre bien insignifiant, par rapport à l'importance du résultat.

Si la science et l'observation avaient pu réunir des résultats statistiques réellement comparatifs de l'influence hygiénique d'un renouvellement abondant et régulier de l'air dans les lieux où se trouvent un grand nombre d'individus, tels que les écoles, les lycées, les casernes, les hôpitaux, les salles d'assemblées, les théâtres, etc., il en ressortirait, je n'en doute pas, la démonstration évidente que toute dépense faite pour atteindre ce but, est aussi profitable au seul point de vue financier qu'à celui de l'humanité.

L'on ne possède guère malheureusement à ce sujet

d'autres éléments bien établis de convention, que les résultats des observations recueillies dans les dernières campagnes par le service médical des armées. A ce sujet, tous les chirurgiens militaires sont d'accord pour reconnaître l'influence préservatrice qu'exercent contre la propagation des cruelles épidémies, qui enlèvent à nos armées tant d'intrépides soldats, la dissémination des blessés et le traitement dans des barraques mal closes et même sous la tente.

Il serait donc superflu d'insister sur l'importance d'une bonne solution de ces questions, et si jusqu'ici l'on n'a pas toujours été d'accord sur les moyens à employer, on paraît au moins l'être sur son utilité.

La donnée fondamentale même du problème a été longtemps mal fixée, et il a fallu bien des années pour que l'observation ait conduit à assigner au renouvellement nécessaire de l'air les proportions convenables aux différents cas. Presque toujours on l'a restreint à des quantités insuffisantes et les solutions proposées ont été par suite nécessairement incomplètes et très-souvent de nulle valeur. Aujourd'hui de nombreuses observations permettent de la fixer et d'en faire la base des projets.

Les opinions n'ont pas été moins partagées pendant longtemps sur les moyens à employer pour assurer le renouvellement de l'air par l'extraction de l'air vicié et par l'introduction de l'air pur.

Il ne saurait entrer dans le cadre de ce Manuel

d'examiner ni de discuter les divers systèmes proposés et appliqués. Je l'ai fait avec détail dans le travail que j'ai publié en 1863, sous le titre d'*Études sur la ventilation*[1] et dans différentes notes insérées dans les *Annales du Conservatoire.*

Trois systèmes ont été mis en présence :

1° Celui qui, de temps immémorial, est pratiqué dans les mines, et auquel les membres de l'Institut et les ingénieurs les plus éminents ont donné la préférence. Il procède par l'aspiration naturellement, ou le plus souvent artificiellement produite à l'aide de foyers allumés dans les puits d'aérage pour l'extraction de l'air vicié, qui détermine subsidiairement la rentrée de l'air nouveau destiné à le remplacer.

Partout où il a été appliqué convenablement, avec des proportions bien calculées, il a donné les résultats que l'on devait en attendre et si, dans quelques cas, il a paru ne résoudre la question qu'incomplément, celà a toujours tenu soit à des défauts de construction, soit et trop souvent à une absence de régularité dans le service.

2° Le système de l'insufflation, dans lequel, à l'aide de ventilateurs plus ou moins puissants, l'on oblige l'air nouveau à pénétrer dans les locaux que l'on veut assainir.

De nombreuses observations prouvent que ce sys-

1. Librairie de L. Hachette et Cie.

tème, toujours et souvent dans une énorme proportion, plus ou moins aidé par les effets de l'aspiration naturelle, ne suffit pas, surtout dans les grands locaux, pour assurer l'évacuation régulière et stable de l'air vicié objet principal de la ventilation.

Il y a cependant des cas particuliers où l'emploi de ventilateurs insufffants est commandé par les conditions locales. Telles sont les galeries étroites des mines.

Dans d'autres cas, l'usage des ventilateurs employés pour produire l'aspiration est indiqué par des conditions locales. Aussi est-il parfaitement justifié, par exemple, dans les mines où les puits d'aérage laissent suinter des quantités d'eau considérables, qui refroidiraient une colonne d'air ascendante chauffée par un foyer d'aspiration, dans celles où la présence de gaz inflammables rendent l'emploi de ces foyers inadmissibles, etc. Il en est de même des ateliers où se développent des poussières dangereuses, que l'aspiration déterminée par la chaleur ne suffirait pas à enlever et où la présence d'un moteur permet facilement d'installer des appareils mécaniques.

3° Quant à un troisième mode, récemment proposé par d'habiles ingénieurs, les expériences comparatives faites au Conservatoire[1] des arts et métiers ont montré qu'il ne présentait pas d'avantage économique sur le système bien plus simple et plus direct de

1. *Annales du Conservatoire des arts et métiers.*

l'aspiration. Si, d'ailleurs, ses effets pour l'introduction de l'air nouveau sont réels, comme on ne saurait le contester, il n'assure pas mieux que le précédent la régularité de l'évacuation de l'air vicié.

Les essais tentés à l'Exposition universelle de 1867 pour produire, dans certaines galeries, un abaissement artificiel de la température, en y introduisant de l'air pris dans des caves, sont loin d'avoir répondu à ce que l'on en espérait. On en verra la preuve dans le compte rendu des observations faites cet été et qui sera publié dans les *Annales du Conservatoire*.

Mais une application récente, dont les résultats ne sont pas encore publiés, paraît montrer que pour l'enlèvement des poussières des meules et dans d'autres cas analogues, les dispositifs de ce genre pourraient être utilement employés.

Sans prétendre qu'on doive, dans tous les cas, négliger l'emploi des deux derniers systèmes, je crois que, dans la plus grande généralité des questions de ventilation à résoudre, il y a lieu de préférer le système de l'aspiration, et c'est d'après cette conviction, partagée d'ailleurs après de longues discussions par le comité consultatif d'hygiène et du service médiéal des hôpitaux[1], que j'ai adopté les règles dont je fais

1. Rapport sur les appareils de chauffage et de ventilation à employer dans les hôpitaux, approuvé par le comité le 16 février 1865 et adressé le 17 mai 1865 à tous les préfets. (Voir au *Bulletin officiel du ministère de l'intérieur*, n° 5, 1865.)

connaître l'application aux cas les plus ordinaires de la pratique.

Ces règles sont d'ailleurs également admises en Angleterre et particulièrement en Russie par d'habiles et savants ingénieurs, qui en ont fait avec succès de grandes et nombreuses applications[2].

Mais, ainsi que je l'ai dit plus haut, il est des circonstances exceptionnelles où il convient de modifier ces règles, car dans de pareilles questions il ne saurait y avoir de solution absolue et universelle.

Quel que soit d'ailleurs le mode que l'on emploie pour assurer dans les lieux habités un renouvellement convenable de l'air, quelles que bonnes que soient les dispositions prises et les règles du service prescrites, l'on ne doit pas se dissimuler qu'un contrôle régulier de l'exécution de ces prescriptions est le principal élément du succès régulier et qu'il est indispensable de l'exercer.

Il en est de ces appareils comme de tout autre soumis à l'action des hommes. Or, ce contrôle, cette surveillance sont la seule difficulté réelle, et c'est à leur absence qu'il faut attribuer les inconvénients signalés dans plusieurs cas. J'en ferai voir des exemples.

Si le fruit de ces longues études sur les moyens d'assurer la salubrité de l'air dans tous les lieux ha-

2. *Note sur l'hôpital d'accouchement de Saint-Pétersbourg.* (*Annales du Conservatoire des arts et métiers.*)

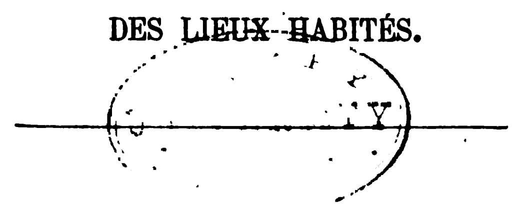
bités, depuis les premiers asiles de l'enfance et les ateliers jusqu'aux plus somptueux palais peuvent atteindre le but que je me suis proposé, je serai largement récompensé des soins persévérants que j'y ai apportés.

MANUEL PRATIQUE

DU

CHAUFFAGE ET DE LA VENTILATION

DES LIEUX HABITÉS.



1. Les questions qui se rattachent au Chauffage et à la Ventilation sont tellement solidaires et connexes, au moins pendant les saisons froides, qu'il est à peu près impossible de les séparer, même dans un résumé des données de la science et de l'expérience, tel que celui qu'on se propose d'exposer ici ; c'est par ce motif que je les réunis sous un titre commun.

CHAUFFAGE.

NOTIONS GÉNÉRALES.

2. *Appareils de chauffage.* — On peut considérer les appareils de chauffage sous trois points de vue différents :

1° Sous celui de l'emploi économique du combustible;

2° Sous celui de la salubrité;

3° Sous celui de l'agrément.

Pour le chauffage des locaux où l'on ne séjourne que peu de temps, tels que les vestibules des édifices publics, les escaliers, les salles d'attente, les églises même, la première considération peut faire décider de la préférence dans le choix des appareils.

Pour les lieux habités, la seconde doit au contraire constituer la condition principale, et à ce point de vue on peut poser en principe que *tout appareil ou système de chauffage qui, par lui-même, n'assure pas un renouvellement suffisant et régulier de l'air, ou qui n'est pas combiné avec des dispositifs qui produisent ce renouvellement, est insalubre.*

Quant à la troisième considération, si elle tend à faire négliger la première, elle se lie à la seconde, car il ne peut y avoir de chauffage agréable que celui qui est, avant tout, salubre.

Dans l'examen rapide que nous allons faire des appareils de chauffage considérés sous ces trois points de vue, nous séparerons ceux qui sont destinés aux services particuliers de ceux qui sont employés à des chauffages généraux.

CHEMINÉES.

3. Au premier rang des appareils de chauffage intérieur d'un usage à la fois agréable et salubre, se placent les cheminées, dont nous distinguerons deux genres différents :

1° Les cheminées ordinaires;

2° Les cheminées ventilatrices.

Ce que nous dirons des premières et des proportions qu'il convient de leur donner s'appliquera d'ailleurs aux secondes, qui n'en diffèrent que par quelques dispositions spéciales.

CHEMINÉES ORDINAIRES.

On peut en considérer deux types distincts. Le premier, qui se rencontre le plus fréquemment, se compose d'un tuyau de fumée assez large, communiquant inférieurement

avec le foyer par une ouverture plus ou moins rétrécie et qui constitue à sa base le passage que Rumford nommait la *gorge* de la cheminée (pl. I, fig. 1). A sa partie supérieure, le tuyau de fumée est terminé par une sorte d'ajutage nommé *mitre*, quand il est en briques ou en tuiles, ou *mitron*, lorsqu'il est fait en tuyaux de poterie. Cet orifice d'évacuation de la fumée présente une section de passage notablement moindre que celle du corps du tuyau. Ce type est à peu près celui qui a été étudié par Rumford et qui porte son nom; mais, en en indiquant les avantages généraux par rapport aux anciennes cheminées, au seul point de vue du tirage, ce physicien n'a point étudié les proportions qu'il convenait de donner aux diverses parties.

Dans le second type, que l'on rencontre assez souvent dans les étages supérieurs des maisons de Paris, la section du conduit de fumée, ordinairement cylindrique, est uniforme sur toute sa longueur. Il a été recommandé par M. Péclet dans son *Traité de la Chaleur* comme convenable dans tous les cas; mais son usage doit être restreint aux très-petites cheminées, et principalement au chauffage par les poêles.

4. *Avantages et inconvénients généraux des cheminées ordinaires.* — Les cheminées ordinaires, en déterminant l'évacuation d'un volume d'air considérable et par conséquent le renouvellement de celui des appartements, présentent l'avantage incontestable de constituer des appareils de chauffage salubres.

Mais cet air évacué devant nécessairement être remplacé par de l'air extérieur, fourni le plus souvent par les joints des portes ou des fenêtres, il en résulte des courants d'air froid d'autant plus incommodes que la cheminée a des dimensions plus considérables, et que le foyer détermine par son activité un tirage plus énergique. Il arrive alors que, comme le disait Rumford, « des vents coulis pénétrants font frissonner une partie du corps, tandis que l'autre est grillée par le feu de la cheminée, ce qui ne peut qu'être

très-nuisible à la santé. » Il n'y a personne qui n'ait ressenti ces effets dans le voisinage d'une vaste cheminée où brillait un grand feu. C'est surtout dans les grandes salles d'habitation de la campagne qu'ils sont sensibles et incommodes [1].

Dans d'autres cas fréquents, surtout à Paris, par suite de l'exiguïté des cuisines, de la proximité des lieux d'aisances et de la garniture des joints des portes et des fenêtres à l'aide de bourrelets, l'appel qu'exerce une cheminée où un feu actif est entretenu, se trouve alimenté en partie par de l'air qui a traversé ces locaux, ce qui introduit dans les appartements des odeurs désagréables et insalubres.

5. *Rendement calorifique des cheminées ordinaires.* — D'une autre part, l'air appelé par une cheminée en sort souvent à une température de 60, 80, 100° et plus. Il emporte avec lui et disperse ainsi dans l'espace, sans profit pour le chauffage, la plus grande partie de la chaleur développée par le combustible [2]. Cette perte s'élève aux $\frac{6}{7}$, aux $\frac{7}{8}$ et plus de cette chaleur dispersée, de sorte que l'effet, ou ce qu'on peut nommer le rendement calorifique d'une cheminée ordinaire, ne dépasse guère 0,14 à 0,12 de la chaleur développée par le combustible. Il importe donc, tout en conservant l'avantage d'un renouvellement abondant de l'air, de limiter à la fois le volume et la température de l'air évacué à ce qui est nécessaire pour le maintien de la salubrité des appartements et de l'activité du tirage.

6. *Proportions suffisantes pour le renouvellement de l'air et le tirage des cheminées.* — Lorsqu'une cheminée ordinaire des proportions généralement adoptées aujourd'hui à Paris fonctionne avec une activité moyenne, l'évacuation d'air qu'elle détermine par heure, atteint et dépasse souvent cinq fois la capacité de la pièce qu'elle est destinée à chauffer, et ce renouvellement d'air suffirait, même dans les pro-

1. *Essais politiques, économiques et philosophiques du comte de Rumford*, tome Ier, page 311.
2. *Études sur la Ventilation*, tome Ier, chap. v, pages 295 et suivantes.

portions ordinaires des appartements, pour assurer une ventilation de plus de 30 mètres cubes d'air par heure et par personne, en supposant qu'il y en eût plus d'une par mètre carré de plancher.

D'une autre part, pour que le tirage et l'évacuation de la fumée aient l'activité nécessaire et ne soient pas contrariés par les vents, il suffit que la vitesse avec laquelle cette fumée s'échappe dans l'air soit de 3 mètres en une seconde dans le cas ordinaire d'un feu d'une activité moyenne; mais il n'est pas nécessaire et il serait même nuisible que la vitesse fût la même dans le tuyau général de fumée, où il convient qu'elle atteigne seulement $1^{m},40$ à 2 mètres en une seconde; ce qui engage à ne pas trop restreindre les dimensions de ce tuyau.

La discussion théorique des conditions du mouvement de l'air dans les cheminées et les résultats de l'expérience conduisent aux règles suivantes, pour les proportions à donner aux cheminées d'appartements[1].

7. *Proportions des tuyaux de cheminées et des mitres des maisons particulières.* — Pour les maisons d'habitation, de ville ou de campagne où il n'y a qu'un petit nombre d'étages et où les murs qui reçoivent les tuyaux de fumée ont des épaisseurs suffisantes, on peut construire les tuyaux de fumée en briques ordinaires, et alors les dimensions à donner à ces tuyaux ainsi qu'aux mitres qui les surmonteront, pourront être réglées selon la capacité des pièces d'après le tableau que nous donnons ci-après, page 6.

L'on remarquera que les dimensions des conduits de fumée, indiquées pour les pièces d'une capacité de 300 mètres, sont déjà très-considérables, et qu'il serait difficile de les dépasser sans s'exposer à l'inconvénient très-grave que présentent les larges conduits, celui de permettre parfois l'établissement de courants descendants de fumée, lors de l'allumage.

1. *Études sur la Ventilation,* tome I[er], chap. v, pages 295 et suivantes.

Il conviendra donc, en général, pour d'aussi grands appartements, de joindre au chauffage par la cheminée l'action auxiliaire d'un calorifère général.

Capacité des pièces.	Volume d'air à évacuer et à introduire par heure.	Conduits de fumée				Mitres			
		section.	rectangulaires largeur	rectangulaires longueur.	cylindriques. Diamètre :	section.	rectangulaires largeur	rectangulaires longueur.	cylindriques. Diamètre :
mc	mc	mq	m	m	m	mq	m	m	m
100	500	0,0926	0,25	0,37	0,27	0,0463	0,14	0,33	0,19
120	600	0,1110	0,30	0,37	0,30	0,0555	0,15	0,37	0,21
150	750	0,1388	0,30	0,46	0,33	0,0694	0,20	0,35	0,23
180	900	0,1666	0,30	0,55	0,37	0,0833	0,20	0,41	0,26
220	1100	0,2036	0,35	0,58	0,40	0,1018	0,20	0,50	0,28
260	1300	0,2406	0,40	0,60	0,44	0,1203	0,20	0,60	0,31
300	1500	0,2776	0,40	0,66	0,47	0,1388	0,23	0,60	0,33

8. *Proportions des tuyaux de fumée et des mitrons dans les maisons à loyer à plusieurs étages.* — Dans les villes où l'on construit des maisons à loyer ayant un grand nombre d'étages, et en particulier à Paris, les tuyaux de cheminée sont construits en briques de formes spéciales ou en tuyaux de poterie surmontés le plus souvent par des mitrons cylindriques des dimensions suivantes (pl. I, fig. 2) :

Numéros des modèles.	Diamètres.	Section de passage.
	m	mq
1	0,25	0,0491
2	0,22	0,0381
3	0,19	0,0283
4	0,16	0,0202

On distingue trois types de tuyaux de fumée en poterie :

9. 1er Type. *Tuyaux en briques moulées dites wagons* (pl. I, fig. 3). Ils se placent dans l'épaisseur des murs de refend, ou de face, dont ils font partie intégrante. Il y en a de cinq modèles ou numéros différents, que l'on doit employer, selon

la capacité des pièces à chauffer et selon l'épaisseur des murs destinés à les recevoir. On pourra se régler, pour le choix des modèles et pour celui du mitron cylindrique à employer, sur le tableau suivant :

DIMENSIONS DES TUYAUX CONSTRUITS EN WAGONS ET DES MITRONS A EMPLOYER SELON L'ÉPAISSEUR DES MURS ET LA CAPACITÉ DES LOCAUX.

Capacité des locaux.	Épaisseur des murs.	Numéros des wagons.	Dimensions intérieures.		Section de passage de la fumée A.	Numéros des mitrons correspondants à employer.	Section de passage A_1.	Rapport des sections $\frac{A}{A_1}$.
mc	m		m	m	mq		mq	
100 à 140	0,50	1	0,34	0,21	0,0714	1	0,0491	1,45
80 à 100	0,45	2	0,28	0,21	0,0588	2	0,0381	1,54
80 à 100	0,40	3	0,26	0,21	0,0546	2	0,0381	1,43
80 à 100	0,34	4	0,27	0,21	0,0567	2	0,0381	1,49
45 à 60	0,25	5	0,20	0,18	0,0360	4	0,0202	1,78
								1,54

10. 2e Type. *Tuyaux dits boisseaux* (pl. I, fig. 3), *destinés aux cheminées adossées aux murs sur lesquels elles se trouvent en saillie.* Ces tuyaux en poterie sont minces et ont une hauteur moyenne de 0m,33. Il y en a de six numéros, que l'on pourra choisir d'après les indications du tableau suivant :

DIMENSIONS DES TUYAUX CONSTRUITS EN BOISSEAUX ET DES MITRONS A EMPLOYER SELON LA CAPACITÉ DES LOCAUX.

Capacité des locaux à chauffer.	Numéros des boisseaux.	Dimensions intérieures.		Section de passage A.	Numéros des mitrons correspondants à employer.	Section de passage A_1.	Rapport des sections $\frac{A}{A_1}$.
mc		m	m	mq		mq	
100 à 140	1	0,30	0,25	0,0750	1	0,0491	1,53
80 à 100	2	0,25	0,22	0,0550	2	0,0381	1,44
60 à 80	3	0,25	0,16	0,0400	3	0,0283	1,42
60 à 80	4	0,22	0,19	0,0418	3	0,0283	1,48
45 à 60	5	0,19	0,17	0,0328	4	0,0202	1,62
»	6	0,16	0,13	0,0208	»	»	»
							1,50

11. *Observation.* — L'on voit que les tuyaux en wagons et en boisseaux ne conviennent que pour des appartements de dimensions ordinaires, et seraient tous insuffisants pour les grands salons de réception.

12. 3e TYPE. *Tuyaux en briques cintrées dites briques Gourlier* (pl. I, fig. 5). Ce genre de tuyaux n'est employé que pour les plus petites cheminées ou pour le cas où l'on se sert de poêles. Les briques, moulées en forme de voussoirs, sont réunies au nombre de quatre pour composer la partie correspondante du tuyau. Leur épaisseur est ordinairement de $0^{m},075$. Il n'y en a que deux modèles; l'un, qui laisse un vide de $0^{m},25$ de diamètre ou $0^{mq},0490$ de section, est destiné aux murs de $0^{m},50$ et de $0^{m},45$ d'épaisseur; l'autre, de $0^{m},22$ de diamètre intérieur ou de $0^{mc},038$ de section, s'emploie pour les murs de $0^{m},40$ d'épaisseur.

Ces tuyaux de fumée ne peuvent assurer la ventilation que de très-petites pièces d'appartement et ils ne doivent pas recevoir de mitron. Leur usage est généralement limité aux pièces chauffées par des poêles.

DES CHEMINÉES VENTILATRICES.

13. Ces cheminées, dont l'idée première n'est pas nouvelle, ont, comme beaucoup d'autres dispositions proposées par des constructeurs, pour objet d'utiliser plus avantageusement que les cheminées ordinaires la chaleur développée par le combustible, en déterminant l'introduction d'un volume considérable d'air nouveau échauffé à une température modérée, destiné à remplacer celui qui a été appelé et évacué par le tuyau de fumée et à atténuer beaucoup l'entrée de l'air extérieur froid par les joints des portes et des fenêtres.

Mais, tandis que tous les dispositifs proposés jusqu'ici n'introduisent qu'un assez faible volume d'air nouveau égal à peine à 0,10 de celui que la cheminée évacue, et l'élèvent à des températures de 100 à 120°, et parfois plus, les propor-

tions adoptées pour les cheminées des casernes anglaises par M. le capitaine du génie Douglas Galton ont fourni une solution très-satisfaisante du problème, ainsi que l'ont montré des expériences exécutées au Conservatoire des arts et métiers sur deux cheminées de ce genre[1].

Les figures 6, 7, 8, 9 et 10 (pl. I) montrent que ces cheminées se composent d'un foyer ordinaire chauffé au bois ou à la houille, complétement isolé du mur en arrière. Le tuyau de fumée, en fonte dans la hauteur de la pièce à chauffer, est isolé jusqu'au plafond, dans une gaîne où pénètre de l'air extérieur introduit par-dessous, latéralement ou par derrière, selon les conditions locales. Près du plafond, la gaîne, que l'air extérieur a parcourue, en s'échauffant, offre une ouverture garnie de directrices qui obligent cet air à se diriger vers le haut de la pièce. Cette ouverture doit être munie d'une trappe à ressort ou à coulisses facile à ouvrir et à fermer, selon que le feu est entretenu ou éteint.

L'observation montre qu'avec les proportions indiquées plus loin, le volume d'air ainsi introduit à 33° diffère peu de celui qui est évacué par la cheminée, ce qui supprime à peu près les rentrées d'air froid par les portes.

Cette introduction d'air chaud jointe au chauffage par le rayonnement ordinaire de la cheminée augmente de beaucoup son effet calorifique, qui s'élève à 0,35 de la chaleur développée par le combustible, tandis que les cheminées ordinaires n'en utilisent que 0,12 à 0,14, et les cheminées munies de l'appareil Fondet à 0,20 environ.

14. Toutes les fois que les conditions de la construction permettront l'installation de ce genre de cheminée, il est évident qu'on devra le préférer à tous les autres et l'on pourra suivre pour leur construction les proportions indiquées ci-après, page 10 :

Il est bon d'ajouter que la plupart des modèles de cheminées en fonte, destinées à brûler de la houille ou du

1. *Annales du Conservatoire*, 6e volume, 1866.

coke, se prêtent d'une manière simple et économique à cette installation, pourvu qu'il soit possible de ménager la prise d'air extérieur.

PROPORTIONS DES CHEMINÉES VENTILATRICES.

Capacité des pièces à chauffer.	Volume d'air à évacuer et à introduire par heure.	Section du conduit de fumée.	Aire de passage de la mitre.	Section totale de la gaîne de passage de l'air nouveau.
mc	mc	mq	mq	mq
100	500	0,050	0,025	0,140
120	600	0,060	0,030	0,168
150	750	0,075	0,038	0,210
180	900	0,090	0,045	0,252
220	1100	0,110	0,055	0,308
260	1300	0,130	0,065	0,364
300	1500	0,150	0,075	0,420

Au-dessus de la pièce à chauffer la gaîne d'air extérieur est arrêtée et le tuyau de fumée est monté en tuyaux ou en briques comme à l'ordinaire.

Si cependant on voulait profiter de la gaîne pour chauffer une pièce située au-dessus, on pourrait la prolonger, en la munissant à chaque étage d'un registre, pour en régler l'effet.

Les âtres de ces cheminées doivent d'ailleurs être disposés comme ceux des cheminées ordinaires. Ils seront en fonte et le foyer sera garni de briques réfractaires, si l'on doit y brûler de la houille ou du coke.

Un mantelet mobile sera disposé pour y être accroché au moment de l'allumage.

15. *Observation relative aux grands appartements.* — Il convient encore de rappeler ici que les proportions que l'on vient d'indiquer pour ces cheminées ventilatrices ne peuvent être notablement dépassées, même pour les plus grands appartements. Mais si deux cheminées ordinaires, placées dans une même pièce, se contrarieraient souvent, le même inconvénient ne se présenterait pas avec des cheminées

ventilatrices qui s'alimentent elles-mêmes de l'air nécessaire à leur tirage.

Cependant, pour des cas semblables, il conviendra de joindre aux cheminées des calorifères établis d'après les principes exposés plus loin et principalement employés à chauffer les vestibules, les cages d'escalier, les corridors, les antichambres et n'introduisant dans les appartements mêmes de l'air chaud qu'à des températures modérées de 35 à 40° vers les parties supérieures.

POÊLES.

16. *Service particulier.* — Ces appareils, ordinairement placés à l'intérieur des appartements, constituent le moyen de chauffage le plus économique. Ceux qui sont construits en faïence, en tôle, ou en fonte, sans bouches de chaleur, prenant l'air à l'intérieur, utilisent et abandonnent dans les locaux échauffés 0,85 à 0,90 de la chaleur développée par le combustible (pl. I, fig. 11).

Mais le volume d'air qui passe par le poêle et s'échappe par le tuyau de fumée n'est que d'environ 5 mètres cubes par kilogramme de bois brûlé; de 6 à 7 mètres cubes par kil. de houille; et de 10 à 12 mètres cubes au plus par kil. de coke avec un feu très-actif.

Des poêles de ce genre ne déterminent donc l'évacuation de l'air vicié des appartements que dans une proportion tout à fait insuffisante et qui est au plus $\frac{1}{10}$ de la capacité des locaux chauffés dont l'air ne serait ainsi, par leur action, renouvelé qu'une fois en dix heures.

Le chauffage par ces appareils est donc évidemment insalubre.

Il a de plus l'inconvénient d'établir des différences considérables entre les températures qui règnent à diverses hauteurs. Ces différences peuvent s'élever à 10° ou 12° pour des appartements de 4 à 5 mètres de hauteur.

17. *Dangers de l'usage des poêles en fonte.* — Les poêles en

fonte sont encore plus insalubres que ceux en faïence, par suite de la haute et irrégulière élévation de température de leurs parois. Leur construction ordinaire est tellement défectueuse qu'ils devraient être proscrits des lieux habités.

D'après des expériences récentes[1], directes et précises, exécutées en 1867 par MM. H. Deville et Troost, la fonte chauffée au rouge est très-perméable aux gaz et en particulier à l'hydrogène et à l'oxyde de carbone, ce qui explique le malaise et même les effets toxiques parfois très-graves qu'occasionne l'usage des poêles en fonte dans l'intérieur des appartements d'habitation. C'est tout au plus si l'on peut les admettre pour le chauffage des dépendances et des parties extérieures des appartements fréquemment ouvertes, où l'air peut être facilement renouvelé.

Les poêles en faïence ou en tôle de fer sont de beaucoup préférables et ne présentent pas les mêmes inconvénients, mais ils n'assurent pas davantage le renouvellement de l'air.

Il convient de dire cependant que, depuis quelques années déjà, les fondeurs ont cherché à modifier les poêles en fonte, dont les inconvénients, moins bien connus, n'étaient cependant pas ignorés. On les dispose souvent aujourd'hui de manière que, le feu étant une fois allumé, l'ouverture de portes mobiles ou l'enlèvement de mantelets amovibles les transforme en véritables cheminées isolées des murs et pouvant, quand on leur donne des tuyaux de fumée assez larges, produire une ventilation analogue à celle des cheminées ordinaires. En joignant à ces dispositions, dont on trouve dans les fonderies beaucoup de modèles différents, l'usage d'établir dans le foyer même une chemise en briques, facile à renouveler, l'on éviterait l'élévation excessive et brusque de la température de la fonte ainsi que la destruction rapide du métal, et l'on atténuerait beaucoup les inconvénients si graves des appareils de chauffage en fonte.

1. *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 13 janvier 1868.

Des dispositions analogues pourraient être aussi introduites dans les foyers des petits fourneaux de ménage servant à la fois pour le chauffage et pour la cuisson des aliments et dans la construction des calorifères à air chaud.

18. *Poêles à circulation d'air.* — Lorsque l'air qui circule dans les conduits et qui sort par les bouches de chaleur est pris dans la salle chauffée, les inconvénients précédents subsistent, et de plus l'air fourni par ces bouches étant à une température souvent supérieure à 100°, il incommode les personnes placées dans leur voisinage et est insalubre.

Si les bouches de chaleur et la circulation sont alimentées par une prise d'air extérieur froid, une partie de la chaleur développée par le combustible étant employée à échauffer cet air, le rendement calorifique de l'appareil peut être un peu augmenté parce que la fumée qui s'échapperait serait moins chaude, mais il ne devient guère moins insalubre, parce que l'air échauffé qu'il fournit est toujours à une température trop élevée.

L'évacuation de l'air vicié de l'appartement est d'ailleurs plutôt diminuée qu'accrue, puisque la température de la fumée est moindre.

19. *Poêle à circulation d'air du modèle de feu René Duvoir et de la Compagnie générale d'éclairage au gaz.* — Ces poêles, dont un certain nombre d'écoles de la ville de Paris sont pourvues, et qui sont proposés au public par la Compagnie générale d'éclairage au gaz pour la combustion du coke, utilisent 0,67 de la chaleur développée par le combustible employé.

La fumée qui s'en échappe a souvent, à 4 mètres de distance du foyer, une température de 400° et plus.

L'air échauffé qu'ils versent à l'intérieur atteint celle de 200° et son volume n'est que de 50 mètres cubes par kilogramme de houille brûlée, parce que les orifices de passage qui lui sont réservés sont beaucoup trop petits.

Dans les proportions ordinaires ils ne déterminent qu'une

évacuation d'air vicié d'environ 60 mètres cubes par heure ou de 22 mètres cubes par kil. de combustible.

Ils sont donc d'un usage peu salubre et ne méritent nullement le nom de poêles ventilateurs que certains constructeurs leur donnent.

Dans la plupart des poêles de ce genre, dont on cherche à rendre la construction économique, la surface de chauffe atteint à peine vingt fois celle de la grille, tandis qu'elle devrait être au moins le triple ou le quadruple. L'aire de passage de l'air introduit ou échauffé est à peine égale à celle de la grille. Elle devrait être aussi trois ou quatre fois plus grande pour augmenter le volume d'air introduit et diminuer sa température.

Le tuyau de fumée n'a qu'une section égale à 0,18 de celle de la grille. Il serait convenable de la doubler pour permettre au moins l'évacuation d'un plus grand volume d'air. Mais alors le rendement calorifique de l'appareil serait notablement diminué.

20. *Poêles calorifères de M. Chaussenot et autres analogues* (pl. I, fig. 13). — Ce constructeur fait établir pour les grands locaux et pour les dépendances des bâtiments des poêles à circulation d'air qui sont de vrais calorifères, parce qu'avant de s'échapper dans l'air, la fumée y circule dans de nombreux conduits, et qu'ils peuvent introduire des volumes assez considérables d'air chaud, pris au besoin à l'extérieur.

Leur rendement calorifique atteint 0,93 de la chaleur développée par le combustible.

Ils peuvent introduire dans les lieux échauffés un volume d'air d'environ 160 mètres cubes par kilogramme de charbon brûlé, mais la température de cet air atteint et surpasse souvent 130°, ce qui indique que les passages ne sont pas suffisamment larges.

Dans leurs proportions actuelles, ils ne déterminent que l'évacuation de $5^{mc},82$ d'air vicié par kilogramme de charbon brûlé. Ils ne sont donc pas d'un usage salubre et ne

conviennent que pour le chauffage des dépendances des bâtiments, telles que les vestibules, les cages d'escalier, où l'air extérieur afflue et se mêle facilement avec celui qu'ils ont échauffé.

Dans un poêle de ce genre essayé au Conservatoire, la surface de chauffe est égale à plus de cent fois celle de la grille, ce qui est une bonne et large proportion.

L'aire de passage de l'air introduit ou échauffé est égale à trois fois la surface de la grille, ce qui n'est pas tout à fait suffisant.

Le tuyau de fumée a une section égale à 0,47 de celle de la grille, ce qui convient pour le tirage, mais ne peut assurer une évacuation suffisante d'air vicié.

21. *Améliorations à introduire dans la construction des poêles.* — Les défauts principaux de tous les poêles, sans exception, sont :

1° De ne déterminer qu'une évacuation d'air vicié insignifiante au point de vue de la salubrité ;

2° De communiquer à l'air qui circule dans leurs conduits une température trop élevée.

Les moyens d'atténuer ces défauts consistent :

1° A disposer des conduits spéciaux d'évacuation de l'air vicié, chauffés directement par le poêle et par le tuyau de fumée ;

2° A agrandir aussi les conduits de passage de l'air qui doit circuler dans le poêle pour s'y échauffer et prendre, toutes les fois que cela ne sera pas impossible, cet air à l'extérieur, afin d'éviter son introduction par les portes et par les fenêtres ;

3° A munir les poêles de portes qui, pouvant s'ouvrir après l'allumage, les transformeraient à peu près en cheminées, et permettraient l'introduction et l'appel d'un grand volume d'air par le tuyau de fumée, dont on pourrait augmenter les dimensions sans crainte d'accroître outre mesure la dépense de combustible.

Les poêles allemands et ceux de quelques constructeurs

français offrent une disposition de ce genre, mais encore incomplète.

22. *Des cheminées et des poêles à flamme renversée.* — Dans certains cas, l'absence de tuyau de cheminée existant directement au-dessus du foyer, oblige à faire descendre la fumée vers un conduit inférieur horizontal, qui la dirige au bas d'une cheminée verticale placée à une certaine distance. Pour assurer, en pareil cas, le tirage aux premiers moments de l'allumage, l'on est généralement obligé d'établir dans la cave, que traverse le conduit, et au bas du tuyau vertical de fumée, un petit foyer d'appel, qui y détermine un tirage momentané, et dont on doit fermer la prise d'air dès qu'il est allumé, afin que, n'étant plus alimenté que par le conduit horizontal, il s'y produise un appel qui se transmette à la cheminée ou au poêle.

Mais cette disposition est souvent insuffisante, à moins que l'on n'entretienne le foyer d'appel, ce qui est une sujétion assez grande.

Dans les maisons éclairées au gaz, il est préférable d'introduire dans le tuyau vertical de la cheminée, à l'étage même qui est habité, et non à hauteur du conduit horizontal inférieur, des becs de gaz entourés d'une petite cheminée métallique de $0^m,25$ à $0^m,30$ de hauteur, avec une prise d'air séparée pour éviter que la fumée ne les éteigne. Trois à quatre becs, brûlant chacun $0^{mc},100$ par heure, suffisent ordinairement.

La chaleur développée par la combustion du gaz détermine dans le tuyau de fumée une élévation de température qui assure le tirage du poêle ou de la cheminée. Une fois que le feu est bien allumé, l'on peut éteindre les becs de gaz.

Une disposition de ce genre, appliquée au Conservatoire, pour un poêle qu'un foyer d'appel ordinaire ne suffisait pas à faire tirer régulièrement et qui était dans de très-mauvaises conditions, a bien réussi, même par des vents violents.

CALORIFÈRES A AIR CHAUD.

23. Les différents systèmes de calorifères à air chaud peuvent être réduits à deux types.

Dans l'un, la plus grande partie des tuyaux de circulation de la fumée est disposée horizontalement, dans l'autre elle l'est verticalement.

Le premier système est inférieur au second, parce que l'air extérieur introduit dans le calorifère et qui doit s'échauffer au contact des tuyaux, en s'élevant verticalement, ne rencontre, tout au plus, que la moitié latérale de leur surface, tandis que dans les dispositifs où les tuyaux sont verticaux, leur surface entière peut être touchée par l'air, et lui communiquer plus de chaleur.

L'expérience a montré, en effet[1], qu'un calorifère à tuyaux horizontaux où la surface de chauffage était égale à 70 fois celle de la grille n'utilisait que 0,63 de la chaleur développée par le combustible, tandis que pour des calorifères à tuyaux verticaux, où la surface de chauffe était égale à 220 fois celle de la grille, le rendement calorifique s'est élevé à 0, 81.

La proportion de la surface de chauffe des tuyaux à celle de la grille a aussi une grande importance. Dans un calorifère à tuyaux horizontaux, l'on a trouvé les résultats suivants :

Surface de chauffe égale à	25 fois celle de la grille	rendement calorifique	0,45
	70 fois id.		0,63

Il convient d'adopter la disposition des tuyaux verticaux et de leur donner une surface de chauffe égale à 150 ou 200 fois la surface de la grille du foyer.

Les tuyaux de fumée devraient avoir $0^{m},25$ à $0^{m},30$ de diamètre, pour que la vitesse n'y fût pas trop grande ni la température trop élevée.

1. *Annales du Conservatoire*, 6e vol., 1866.

Dans les lieux abondamment ventilés, il faut donner aux calorifères pour 1000 mètres cubes de capacité des salles 20 mètres carrés de surface de chauffe quand les tuyaux sont horizontaux, 15 mètres carrés quand les tuyaux sont verticaux; pour les lieux non ventilés, l'on peut réduire cette proportion respectivement à 15 et à 10 mètres pour 1000 mètres de capacité.

Les bouches de chaleur par lesquelles afflue l'air chaud, doivent toujours être disposées dans des parois verticales, pour éviter qu'elles ne soient obstruées par les ordures du balayage. Dans les salles habitées, il convient en outre de les placer près du plafond, surtout s'il y a des cheminées ou d'autres moyens d'appel et de circulation de l'air.

Il convient de disposer au-dessus ou près des calorifères à air chaud une capacité dans laquelle débouche l'air qu'ils fournissent et où, par des ouvertures munies de registres, on puisse introduire de l'air froid en proportion convenable, pour que le mélange, qui en résulte, ait une température de 30 à 40° au plus.

Cette capacité qu'on peut appeler chambre de mélange est un accessoire indispensable de tous les calorifères de ce genre, qui servent à chauffer des lieux habités et occupés pendant quelque temps. C'est de là que doivent partir les conduits de distribution de l'air chaud. — Des registres faciles à manœuvrer servent à régler, selon les circonstances, les proportions d'air chaud et d'air frais.

D'autres registres doivent aussi être disposés sur les divers branchements de distribution de l'air, pour en assurer, en régler ou en interrompre la répartition, selon les besoins.

Lorsque les calorifères à air chaud ne sont pas pourvus d'une chambre de mélange, permettant l'introduction de l'air froid, ils ont l'inconvénient très-grave de fournir de l'air à une température souvent excessive et de produire un chauffage très-insalubre.

Dans ce cas la simple fermeture de la plus grande partie des registres de distribution, en restreignant le nombre des

passages libres, peut déterminer une élévation de température capable d'occasionner des incendies.

Ces calorifères ont à l'inverse le défaut de donner lieu à un chauffage assez inégal, par suite de négligence dans la conduite et l'entretien du feu.

Les calorifères à air chaud ne produisant directement aucune évacuation d'air vicié, ils n'assurent nullement par eux-mêmes la ventilation et la salubrité des lieux qu'ils sont destinés à chauffer. Quand des dispositions analogues à celles qu'on indiquera plus loin ont été prises pour l'évacuation de l'air vicié, il ne faut pas compter uniquement, pour en activer l'appel, sur la chaleur que peut laisser passer leur tuyau de fumée. Elle est presque toujours trop faible pour pouvoir suffire à déterminer un appel convenable.

Dans tous les cas, où l'usage de ces calorifères n'est pas combiné avec une ventilation active, leur emploi comme moyen de chauffage des lieux habités est donc insalubre. Il doit alors être limité aux dépendances des édifices, tels que vestibules, escaliers, antichambres de passage, etc.

Mais, à l'aide d'un foyer auxiliaire qu'on peut souvent établir au bas d'une cheminée traversée par leur tuyau de fumée, il est facile de combiner leur action avec celle de la ventilation.

Les tuyaux de fumée des calorifères à air chaud ou au moins ceux qui sont exposés à rougir devraient toujours être en tôle de fer épaisse de 6 à 8 millimètres, afin d'éviter les inconvénients signalés au n° 17. Lorsqu'ils sont en tôle plus mince ils se détruisent rapidement, même pendant l'été, par la circulation de l'air. Quelques constructeurs préservent les tuyaux de fumée du contact des gaz les plus chauds par une enveloppe en briques ou en terre réfractaire. C'est une précaution à recommander.

La prise d'air du foyer doit être indépendante et aussi séparée que possible de celle de l'air qui circule dans les tuyaux, afin d'éviter que celui-ci n'entraîne de la poussière ou de la fumée. Mais quand le calorifère est uniquement

destiné au chauffage, cette prise d'air doit être placée près de la partie inférieure, et au-dessous des locaux à chauffer les plus bas; si elle était plus élevée il pourrait arriver que ces locaux, au lieu de recevoir de l'air chaud, fournissent au contraire de l'air au calorifère, qui ne servirait alors que pour les étages supérieurs.

Il en est autrement quand il s'agit de bâtiments ventilés par appel. On peut alors prendre l'air que le calorifère doit chauffer, à telle hauteur qu'on le juge nécessaire pour l'avoir plus pur, pourvu que l'appel soit assez énergique.

Les calorifères à air chaud ne peuvent en général conduire l'air qu'ils fournissent qu'à une distance horizontale de 12 à 14 mètres à droite et à gauche. C'est un inconvénient grave qui oblige à les multiplier beaucoup, quand il s'agit de chauffer de grands édifices.

On peut faire disparaître cet inconvénient en les combinant avec certains appareils de circulation d'eau chaude, dont on parlera plus loin. Les parties d'un édifice voisines du calorifère sont alors chauffées à l'air chaud, tandis que les plus éloignées le sont par circulation d'eau chaude.

CHAUFFAGE A LA VAPEUR.

24. La rapidité de la circulation de la vapeur sous l'action de pressions motrices assez faibles, la grande quantité de chaleur qu'elle abandonne en se condensant, sont les avantages principaux de ce mode de chauffage, qui n'exige, pour le passage de la vapeur, que des tuyaux de faibles dimensions; mais il a aussi, dans les dispositions le plus habituellement employées, des inconvénients assez graves.

Les inégalités dans la conduite du feu, en introduisent promptement de très-sensibles dans la circulation de la vapeur; des négligences trop fréquentes, pendant la nuit, occasionnent des condensations. Lorsque le feu reprend de l'activité, la vapeur, qui afflue alors rapidement dans des conduits où un vide partiel s'est formé, rencontrant des

masses d'eau liquide, les chasse violemment, et ces chocs produisent parfois des explosions, souvent des ruptures et des fuites, mais au moins très-fréquemment un bruit incommode et inquiétant.

Ces inconvénients graves ont généralement fait renoncer au chauffage direct par la circulation de la vapeur, excepté dans les usines où l'on emploie celle qui s'échappe des machines motrices, après y avoir agi. Dans ce cas, elle circule habituellement à travers de larges tuyaux apparents, ayant une pente suffisante pour que l'eau de condensation ne s'y accumule pas. Mais lorsqu'il s'agit de chauffer des lieux habités, de conduire la vapeur à travers des planchers de peu d'épaisseur, les difficultés augmentent et tous les inconvénients apparaissent.

M. Grouvelle, habile ingénieur civil, a proposé et exécuté pour plusieurs hôpitaux un dispositif dans lequel la vapeur, au lieu d'échauffer directement les poêles placés dans les salles, transmet à travers les parois des tuyaux, dans lesquels elle circule, une partie de sa chaleur à de l'eau contenue dans ces poêles. Ce système, par suite de la grande densité de l'eau et de son peu de conductibilité de la chaleur, évite l'inconvénient du refroidissement trop rapide des poêles, quand la circulation de vapeur se ralentit ou cesse.

Ces poêles ont, vers leur sommet, une petite ouverture qui empêche la température de l'eau de dépasser 100°, et les tuyaux qui les traversent, pour fournir un passage à l'air affluent de l'extérieur, ne permettent pas à la température de cet air d'excéder 40 à 45°.

Des dispositions particulières donnent d'ailleurs la facilité de faire passer la vapeur par les poêles ou par des conduits extérieurs, de manière à modérer la température des salles en ne chauffant qu'une partie de leurs poêles.

Mais, si l'on obtient par ce dispositif plus de régularité dans le chauffage, l'on n'évite pas les défauts des condensations dans les conduits qui traversent les planchers, ni les fuites, toujours difficiles à trouver et à prévenir.

Quelques accidents survenus à l'hôpital Lariboisière ont même montré que ce système n'était pas tout à fait à l'abri des ruptures brusques.

On pourrait conserver les avantages du chauffage à la vapeur, et éviter ses principaux inconvénients, en disposant les tuyaux de circulation de la vapeur verticalement, dans des gaînes ménagées dans l'épaisseur des murs ou construites exprès, commé on l'a fait en quelques endroits du pavillon de l'hôpital de Vincennes, ou comme le fait M. d'Hamelincourt pour la circulation de l'eau au bâtiment d'administration du chemin de fer du Nord.

Quelques-uns de ces tuyaux pourraient rester apparents sous forme de colonnes et servir de pôêles pour se chauffer les mains ou les pieds, ainsi que cela se pratique dans plusieurs établissements d'Allemagne ou de Suisse.

Ces dispositions, qui s'accorderaient très-bien avec la condition de faire arriver l'air nouveau vers le plafond, assureraient le retour immédiat de l'eau de condensation dans la chaudière et atténueraient beaucoup les conséquences des fuites, auxquelles il serait plus facile de remédier que dans celle qui a été généralement adoptée jusqu'ici.

Rien ne s'opposerait toutefois à ce que dans les hôpitaux l'on établit dans chaque salle un poêle à eau chaude, chauffé à la vapeur, d'après le système de M. Grouvelle pour l'agrément des malades.

Il convient d'ajouter qu'avec une surface de chauffe des poêles et des conduits de vapeur, de 20 à 24 mètres carrés pour 1000 mètres de capacité des salles, on peut assurer le service du chauffage des salles à 16 ou 18° pendant les temps les plus froids. A l'hôpital Lariboisière, la proportion est de 26 m.q. et elle est notablement plus grande qu'il ne serait nécessaire.

Mais il restera toujours à faire au chauffage à la vapeur, même ainsi modifié, le reproche d'être trop sensible aux inégalités du feu, et surtout aux négligences des chauffeurs, parfois prolongées pendant la nuit.

CHAUFFAGE PAR CIRCULATION D'EAU CHAUDE.

25. Ce système de chauffage, qui est connu et appliqué depuis longtemps avec des dispositions diverses, est beaucoup moins sujet à permettre des variations rapides de température que le précédent, attendu qu'à capacité égale les récipients et les conduits de circulation de l'eau chaude contiennent toujours un nombre beaucoup plus considérable d'unités de chaleur que s'ils étaient remplis de vapeur. La grande densité de l'eau et la permanence de sa circulation à travers les parties échauffées des appareils qui sont établies dans le foyer, longtemps après que le feu a perdu de son activité, entretiennent une assez grande régularité dans le chauffage, malgré des négligences accidentelles.

La température de l'air échauffé par ces appareils est toujours très-modérée. Il est même difficile de l'élever au-delà de 40 à 45° avec des surfaces de chauffe considérables. Sous ce rapport, ce genre de chauffage est très-salubre, pourvu qu'il soit accompagné d'une ventilation abondante.

Il n'est pas indispensable d'établir, comme le faisait L. Duvoir, dans les parties élevées des édifices des récipients régulateurs vers lesquels l'eau chaude s'élève, et qui, par la différence de densité de hautes colonnes d'ascension et de retour, assurent à la circulation la rapidité convenable.

Les exemples des appareils employés à l'hôpital de Guy, à Londres, au palais de Sydenham et de tous les appareils de chauffage des serres prouvent que, pourvu que les tuyaux aient des sections convenables, il suffit d'une faible distance verticale entre les tuyaux d'ascension et de retour pour que la moindre différence de température détermine la circulation. On en a un autre exemple très-concluant dans les appareils de chauffage de certaines baignoires.

L'on peut disposer les tuyaux de circulation de l'eau destinée à échauffer l'air soit dans les parties inférieures des édifices, soit verticalement dans des gaînes ménagées dans

les murs ou en saillie à l'intérieur, et par lesquelles afflue l'air nouveau qui s'échauffe au contact des tuyaux.

La première disposition, dans laquelle les conduits sont ou peuvent être apparents sur toute leur étendue et sont établis dans des locaux faciles à visiter, rend les fuites à peu près sans importance, permet de les reconnaître et de les faire cesser.

La seconde, qui est pratiquée par M. d'Hamelincourt, et dans laquelle on ménage ordinairement des regards à hauteur de chaque joint, laisse à peu près la même facilité et permet de rejeter au dehors les eaux des fuites.

Toutes deux sont d'une installation plus économique que celle qui a été adoptée par L. Duvoir-Leblanc qui faisait circuler l'eau dans l'épaisseur des planchers, et elles sont à l'abri des reproches, un peu exagérés du reste, qui ont été adressés aux travaux de ce constructeur.

Dans ces dispositifs, les poêles à eau peuvent être supprimés totalement ou réduits à un seul par salle, pour la commodité des malades.

26. *Proportion à donner aux surfaces de chauffe.* — Les appareils de chauffage par circulation d'eau chaude ne donnent pas à surface égale autant de chaleur que ceux à vapeur. L'observation des résultats obtenus à l'hôpital Lariboisière, montre qu'une surface de chauffe de 27 mètres carrés pour 1000 mètres cubes de capacité des salles, est à peine suffisante par les grands froids, et nous pensons qu'il conviendrait d'allouer aux poêles ou récipients placés à l'intérieur des salles à chauffer, au moins 30 à 32 mètres carrés de surface totale de chauffe pour cette capacité de 1000 mètres cubes dans des locaux analogues aux hôpitaux.

Quand il s'agit d'appareils placés dans les caves et destinés à chauffer de l'air, qui, de là, circule dans des conduits où il peut se refroidir ou de salles chauffées par intermittences, la prudence exige que la surface de chauffe soit portée à 50 mètres carrés pour 1000 mètres de capacité à chauffer, et encore faut-il que l'air ne doive pas être con-

duit à de grandes distances. En général, ce système est moins avantageux au point de vue du rendement calorifique que celui où l'eau circule dans les conduits ou dans les récipients mêmes que l'air doit parcourir.

Mais quand le foyer avec sa cloche à eau, les conduits de circulation de l'eau et les poêles sont tous renfermés dans les locaux qui doivent être chauffés, les pertes de chaleur non utilisée se réduisent, comme pour les poêles ordinaires, à celle qu'emporte la fumée. Le chauffage devant d'ailleurs être conduit avec modération, ce système réunit alors aux avantages de la salubrité celui de l'économie du combustible, et me paraît, comme chauffage général, préférable aux autres employés au même usage.

Dans ces conditions, la surface totale de chauffe pourrait être réduite à 25 mètres carrés pour 1000 mètres cubes de capacité des locaux à chauffer.

La régularité, la modération, la stabilité des températures étant beaucoup mieux assurées par le chauffage par circulation d'eau chaude que l'on peut activer, ralentir ou même arrêter partiellement ou en totalité, aussi bien que dans les systèmes où l'on emploie la vapeur, nous croyons qu'il mérite en général la préférence, surtout pour le service des hôpitaux.

27. *Chauffage par circulation d'eau chaude à haute température.* — Quant au système de chauffage par circulation d'eau chaude à haute température, connu sous le nom de système Perkins, où l'eau acquiert parfois une température supérieure à 300°, il ne peut être sans danger de faire circuler de semblables conduits dans les épaisseurs des planchers, dans le voisinage de pièces de bois, qu'une si haute température altère lentement et dispose à s'enflammer spontanément; plus d'un exemple d'incendie a justifié cette appréhension.

Aussi aujourd'hui, dans les établissements où l'on a adopté ce système de chauffage, tous les tuyaux en fer étiré sont apparents et suspendus aux murs ou aux plafonds, ce

qui est d'un aspect fort disgracieux. Il est d'ailleurs indispensable d'entourer d'un grillage ou d'une enveloppe à distance les portions de ces tuyaux qui sont à portée du contact, pour éviter des accidents graves.

Par tous ces motifs, nous ne croyons pas qu'il convienne, dans aucun cas, d'employer ce genre de chauffage.

28. *Combinaison du chauffage à l'eau chaude avec le chauffage à l'air chaud.* — L'on peut, comme il a été dit plus haut, faire disparaître l'inconvénient que présente le chauffage à l'air chaud, de n'étendre son action qu'à 12 ou 15 mètres à droite et à gauche des calorifères, en disposant dans le foyer, soit une cloche à eau, soit des cylindres appelés bouteilles, d'où partent des conduits de circulation d'eau chaude en communication avec des poêles à eau et des conduits de retour.

L'on obtient ainsi un chauffage mixte, dont une partie est à l'air chaud et l'autre à l'eau chaude, l'action de ce dernier pouvant s'étendre à une grande distance.

29. *Combinaison du chauffage et de la ventilation par appel.* — Les appareils de chauffage à la vapeur, à l'eau chaude, et de chauffage mixte à l'air et à l'eau, peuvent facilement se combiner avec les dispositions de la ventilation par appel, et permettent d'établir dans les conduits ou dans les cheminées d'évacuation des réservoirs d'eau ou de vapeur qui lui donnent l'activité convenable.

30. *Conclusions générales des expériences sur les appareils de chauffage exécutées en* 1865-1866. — Les expériences dont j'ai fait connaître les résultats dans des notes insérées aux *Annales du Conservatoire*, jointes à celles que j'ai déjà publiées sur les cheminées, permettent de classer les divers appareils de chauffage étudiés, de la manière suivante, au seul point de vue de leur rendement calorifique, c'est-à-dire du rapport de la chaleur qu'ils répandent directement ou indirectement dans les locaux auxquels ils sont destinés, à celle que développe le combustible consommé, et en faisant d'ailleurs abstraction de leurs avantages ou de leurs inconvénients sous les rapports de la ventilation et de la salubrité.

CLASSEMENT DES APPAREILS DE CHAUFFAGE AU POINT DE VUE DU RENDEMENT CALORIFIQUE.

DÉSIGNATION DES APPAREILS.		RENDEMENT calorifique.	OBSERVATIONS.
Cheminées ordinaires		0,10 à 0,12	Produisent l'évacuation de l'air vicié, mais n'assurent pas directement l'introduction de l'air nouveau. Chauffage salubre.
Cheminées ventilatrices		0,33 à 0,35	Produisent l'évacuation de l'air vicié et l'introduction directe de l'air nouveau modérément échauffé. Chauffage salubre.
Poêles ordinaires sans circulation d'air.	En fonte chauffée à la houille.	0,90	Ne produisent qu'une évacuation très-insuffisante de l'air vicié. Chauffage insalubre.
	En fonte chauffée au coke...	0,83	
	En fayence chauffée au bois peu salubre.	0,87	
Poêles en métal avec circulation d'air pris à l'extérieur ou à l'intérieur.	Modèle des écoles de la ville de Paris...	0,68	Ne produisent qu'une évacuation insuffisante de l'air vicié et échauffent à un degré trop élevé celui qu'ils introduisent. Chauffage très-insalubre si les tuyaux sont en fonte, peu salubre s'ils sont en fer.
	A conduits verticaux de circulation. Modèle de M. Chaussenot	0,93	
Calorifères à tuyaux de circulation de la fumée.	Horizontaux	0,63	Ne peuvent pas produire directement une évacuation suffisante de l'air vicié et fournissent en général de l'air trop échauffé, mais peuvent être facilement modifiés de manière à ne donner que de l'air à 30 ou 40°. Chauffage insalubre quand il n'est pas combiné avec la ventilation.
	Verticaux	0,80	
Appareils de circulation d'eau chaude.	Lorsque les tuyaux et les poêles apparents sont nombreux, de grande surface par rapport à la chaudière principale....	0,65 à 0,75	Se prêtent directement à l'organisation d'une ventilation régulière par appel.
	Lorsque la chaudière, le fourneau et tous les poêles ou conduits de circulation sont contenus dans les locaux à chauffer.	0,85 à 0,90	

VENTILATION.

NOTIONS GÉNÉRALES.

31. *Propriétés de l'air.* — Avant de formuler les règles à suivre et les proportions à adopter pour assurer dans les lieux habités un renouvellement convenable de l'air, il est utile de rappeler quelques notions générales de physique-mécanique relatives aux propriétés de ce fluide.

L'air, mélange de 0,21 d'oxygène et de 0,79 d'azote, est un corps pesant. A la température de 0° et sous la pression de $0^{m},76$ de mercure, le mètre cube d'air pèse $1^{kil},298$.

Il obéit donc, comme tous les autres corps, aux lois de la pesanteur.

Ses molécules, de même que celles de tous les gaz, ne sont que très-faiblement liées les unes aux autres par les attractions moléculaires; les forces les moins énergiques, les plus petites augmentations de température, les plus faibles diminutions de pression, en déterminant la prépondérance des forces répulsives, en éloignent les éléments les uns des autres; à l'inverse, les plus légers abaissements de température rapprochent les molécules de l'air, et le rendent plus dense et plus lourd.

L'air se dilate par l'action de la chaleur et se contracte par celle du froid, de même que les autres gaz, et son volume varie avec sa température suivant la loi de Gay-Lussac, exprimée par la formule :

$$V=(1+0,003665\,t)V_0=(1+at)V_0,$$

dans laquelle

V_0 exprime son volume à zéro degré et à la pression barométrique $0^{m},76$ de mercure;

V le volume qu'il occupe à la température de t^0 au-dessous de zéro;

$a = 0{,}003665$ un coefficient constant déduit de l'expérience, et qui exprime la proportion dans laquelle le volume s'accroît, par degré centigrade d'élévation de la température au-dessus de zéro.

Cette formule revient à dire que, sous la même pression barométrique, un volume d'un mètre cube d'air à zéro devient

$$(1 + at) = (1 + 0{,}003665t)^{mc},$$

en passant à la température de t degrés.

Si la température s'abaissait, au lieu de s'élever, l'air se contracterait, diminuerait de volume en se refroidissant, et suivrait dans cette contraction la même loi, exprimée par la formule

$$V = (1 - 0{,}003665\,t)V_0 = (1 - at)V_0,$$

qui revient à la formule précédente, quand on convient d'affecter la température t du signe + ou plus, lorsqu'elle est au-dessus de zéro et du signe — ou moins, lorsqu'elle est au-dessous.

32. *Variation de la densité.* — Quand la température de l'air augmente et que le volume qu'il occupait s'accroît, sa densité ou le poids du mètre cube diminue suivant une loi qui est exprimée par la formule suivante, laquelle suppose que la pression atmosphérique reste mesurée par une colonne de $0^m{,}76$ de mercure :

$$d = \frac{d_0}{1 + at} = \frac{1^{kil}{,}29\,t}{1 + 0{,}003665\,t}.$$

Les valeurs de la densité ou du poids du mètre cube d'air à différentes températures calculées par la formule ci-dessus, sont données dans la table suivante :

TABLE DES DENSITÉS DE L'AIR A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES.

TEMPÉR.	DENSITÉ.	TEMPÉR.	DENSITÉ.	TEMPÉR.	DENSITÉ.	TEMPÉR.	DENSITÉ.
	k		k		k		k
— 20°	1,400	+ 18°	1,217	+ 56°	1,077	+ 94°	0,965
18	1,389	20	1,209	58	1,070	96	0,960
16	1,378	22	1,201	60	1,064	98	0,955
14	1,368	24	1,197	62	1,058	100	0,950
12	1,358	26	1,185	64	1,051	102	0,9448
10	1,347	28	1,177	66	1,045	104	0,9398
8	1,337	30	1,169	68	1,039	106	0,9348
6	1,327	32	1,161	70	1,033	108	0,9299
4	1,318	34	1,154	72	1,027	110	0,9251
2	1,311	36	1,146	74	1,021	112	0,8203
0	1,298	38	1,139	76	1,015	114	0,9155
+ 2	1,285	40	1,132	78	1,009	116	0,9108
4	1,279	42	1,124	80	1,004	118	0,9061
6	1,270	44	1,118	82	0,998	120	0,9015
8	1,261	46	1,111	84	0,992	122	0,8970
10	1,252	48	1,104	86	0,986	124	0,8925
12	1,243	50	1,097	88	0,981	126	0,8880
14	1,234	52	1,090	90	0,976	128	0,8836
16	1,226	54	1,083	92	0,970	130	0,8791

33. *Loi de Mariotte.* — D'après cette loi connue, la température de l'air restant constante, son volume varie en raison inverse des pressions auxquelles il est soumis, et sa densité est proportionnelle à ces pressions.

34. *Relation générale entre la pression, le volume, la température et la densité de l'air.* — En appelant :

d_0 V_0 P_0	La densité, le volume et	zéro
d V P	la pression correspon-	t' degrés
d' V' P'	dent aux températures	t

l'on a les relations suivantes résultant de la combinaison de la loi de Mariotte et de celle de Gay-Lussac.

$$V = V' \frac{1 + 0,003665\ t}{1 + 0,003665\ t'} \cdot \frac{P'}{P}$$

$$d = d' \frac{1 + 0,003665\ t'}{1 + 0,003665\ t} \cdot \frac{P}{P'}$$

Si l'on suppose que $t' = o$ et $P = P' = 1$ atm., $d' = 1$ kil. 298.

La dernière formule revient à celle

$$d = \frac{1,298}{1 + 0,003665\ t}$$

que l'on a donnée plus haut.

35. *Principe d'Archimède. Ses effets.* — L'air, comme tous les fluides, est soumis à ce principe élémentaire de physique, en vertu duquel un corps plongé dans un fluide y perd une portion de son poids égale à celui du volume qu'il déplace.

Ainsi à la température de zéro, et sous la pression de $0^m,76$, chaque mètre cube d'une masse d'air indéfini pèse 1 kil. 298 ; et, comme il y occupe précisément la place d'un volume fluide du même poids, il reste en équilibre partout où il est placé, tant qu'une cause extérieure ne vient pas le déplacer.

Si, au contraire, la température de ce mètre cube d'air vient à baisser, par exemple, par suite de son contact avec quelque corps froid, tel qu'un vitrage, un mur, il se contracte, son volume diminue, sa densité augmente; il devient plus lourd que le volume d'air qu'il déplace dans la masse restée, par hypothèse, à peu près à la même température. Dès lors, l'excès de son poids sur celui de ce volume, tend à le faire descendre.

Ainsi, dans un local où la température générale est de 20^0, si une portion de l'air, qui était d'abord à cette température, et qui avait une densité de 1 kil. 209 par mètre cube, se trouvait refroidie par son contact avec des corps moins chauds, tels que des vitres ou des murs à la température de zéro, sa densité deviendrait égale à 1 kil. 298, et chaque mètre cube tendrait à descendre avec une force égale à l'excès de son poids nouveau, sur celui d'un mètre cube de la masse environnante, ou à 1 kil. 298 — 1 kil. 209 = 0 kil: 089.

Cet effet se produit continuellement l'hiver, le long des parois des fenêtres et des murs plus froids que l'air intérieur dans les appartements chauffés.

A l'inverse, si la température d'une portion de l'air s'élève au-dessus de celle du milieu ambiant, cet air se dilate, sa densité diminue, et chaque mètre cube, ne pesant plus autant que le même volume de l'air qui l'entoure, est poussé de bas en haut, par une force égale à la différence des densités.

Ainsi, quand, l'été, l'air en contact avec le vitrage des fenêtres s'échauffe, quand l'hiver des effets analogues se produisent auprès des poêles, auprès des appareils d'éclairage, auprès des individus même, l'air, devenu moins dense, s'élève vers le plafond.

Si, par exemple, la température moyenne générale d'un lieu est de 16°, la densité de l'air égale à 1 kil. 226 ; et si, auprès des fenêtres, par l'action du soleil, l'air qui est en contact avec le vitrage, s'élève à celle de 26°, sa densité devient 1 kil. 185, chaque mètre cube de cet air est sollicité de bas en haut par une force égale : 1 kil. 226 — 1 kil. 185 = 0 kil. 041.

36. *Fréquence des effets précédents.* — Les effets que l'on vient d'indiquer se manifestent fréquemment d'une manière fort désagréable, lorsqu'on se trouve l'hiver placé près d'une fenêtre d'un salon, où la température générale est élevée, et d'une manière encore plus sensible dans les grandes salles éclairées par des plafonds vitrés. Dans ce dernier cas, l'on est souvent obligé, pour éviter ces inconvénients, en conservant la lumière, de chauffer fortement et à 30 ou 40° à l'aide de poêles, le comble qui surmonte ces plafonds : on en verra plus loin des exemples.

A l'inverse, les plafonds vitrés introduits récemment dans certains théâtres et dans quelques palais, pour laisser passer la lumière d'un nombre considérable de becs de gaz, transmettent en même temps une chaleur fort incommode.

Un effet analogue se produit l'été dans les gares de chemins de fer, dans les cours, dans les ateliers, dans les grands édifices recouverts par des toitures vitrées, et dans lesquels l'on n'a pas assuré une circulation suffisante de l'air. La température s'y élève parfois à 40 à 45°, et plus.

37. *Instabilité de l'équilibre de l'air.* — Des refroidissements et des échauffements de l'air, analogues à ceux dont nous venons de parler, se manifestent sans cesse dans les lieux habités, l'air n'y est jamais en repos, et la moindre variation dans les températures et dans les pressions y produit des mouvements, en quelque sorte perpétuels. L'air n'est donc jamais qu'à un état d'équilibre tout à fait instable.

38. *Principes généraux de la ventilation.* — Le renouvellement de l'air dans les lieux habités n'est rendu nécessaire que par l'altération qu'y produisent la respiration, les émanations du corps ou par la chaleur développée par les individus, par les appareils d'éclairage, ou par ces diverses causes réunies; les nombreuses observations que j'ai faites, et la discussion des résultats des expériences exécutées par divers ingénieurs et par moi-même, m'ont conduit aux conclusions suivantes, que je regarde comme devant servir de bases générales aux études des projets de ventilation des lieux habités, et plus spécialement des hôpitaux.

1° La ventilation a pour objet l'évacuation de l'air vicié, et son remplacement par de l'air neuf;

2° Le but principal de la ventilation est l'extraction immédiate de l'air vicié. Elle doit, en général, avoir lieu le plus près possible des points où l'air est souillé par des émanations nuisibles, afin d'en prévenir la diffusion dans l'atmosphère des salles.

A l'inverse, l'air neuf doit être introduuit en des points éloignés des individus;

3° Les divers dispositifs, qui procèdent par aspiration, lorsqu'ils sont convenablement proportionnés et bien éta-

blis, satisfont mieux et plus sûrement aux conditions précédentes que ceux qui procèdent exclusivement par l'insufflation de l'air neuf. Ces derniers n'assurent pas seuls et par eux-mêmes, en toute circonstance et en toute saison, à l'évacuation de l'air vicié l'uniformité et la stabilité nécessaires;

4° L'introduction de l'air neuf, pris à telle hauteur que l'on voudra et en quantité suffisante, peut être obtenue, dans la plupart des cas, par le seul effet de l'aspiration et sans le concours d'appareils soufflants, en donnant aux canaux d'amenée de l'air neuf et à leurs orifices des dimensions assez grandes et des dispositions convenables;

5° L'aspiration peut être déterminée : 1. par les foyers ou calorifères avec cheminées servant au chauffage ou autres appareils analogues; 2. par ces mêmes moyens aidés au besoin par des foyers spéciaux établis à la base de cheminées d'appel de 15 à 20 mètres de hauteur, fonctionnant comme auxiliaires, quand il s'agit d'établissements considérables. L'air à évacuer doit affluer vers la base de ces cheminées; le plus souvent, il doit y être amené par un ou plusieurs conduits qui, en se ramifiant, vont aboutir à des orifices voisins des sources d'infection;

6° La ventilation, par aspiration au moyen de foyers et de cheminées, se prête dans la plupart des cas à toutes les dispositions exigées par les proportions et la distribution des salles. Elle se rapproche, autant qu'on peut le désirer, de l'aération ordinaire et naturelle des chambres et des appartements; elle permet de faire varier le volume et la température de l'air affluent selon les besoins. — Elle n'exige que l'établissement peu dispendieux de foyers avec leurs cheminées et de conduits ou canaux qui, une fois établis, coûtent peu d'entretien. — Elle ne demande d'autres soins que l'alimentation régulière des foyers, dont tout manœuvre peut être chargé.

La ventilation par insufflation ou par appareils mécaniques exige, outre les cheminées et les conduits d'évacuation

communs aux deux systèmes, des machines soufflantes et des machines motrices, avec des conduits particuliers pour l'amenée de l'air insufflé. Elle nécessite l'intervention d'ouvriers spéciaux, mécaniciens et chauffeurs, et des frais d'entretien.

7° Pour les hôpitaux ou pour les bâtiments ayant plusieurs étages de salles, le système de l'insufflation n'offre pas les mêmes garanties que le système de l'aspiration contre la diffusion de l'air vicié d'une salle dans une autre, ni contre les rentrées d'air vicié par les orifices des canaux d'évacuation ou par les fissures de leurs parois, quand une circonstance accidentelle, comme l'ouverture de portes ou de fenêtres, vient troubler l'état habituel de pression et de mouvement de l'air intérieur des salles.

8° L'aspiration déterminée par de simples foyers et cheminées, avec des ouvertures de dimensions suffisantes et convenablement placées pour l'admission de l'air neuf, en remplacement de l'air vicié et sans le concours d'aucun appareil mécanique, constitue donc, sauf des circonstances exceptionnelles, le moyen le plus facilement applicable d'obtenir une ventilation hygiénique aussi active qu'on puisse le désirer, dans les lieux habités, et en particulier dans les salles des grands hôpitaux ou dans celles des hôpitaux de moyenne et de petite importance, susceptibles d'être chauffées par un foyer à feu apparent.

9° En ce qui concerne les établissements où l'on serait conduit, par des circonstances spéciales, à recourir aux moyens mécaniques d'insufflation, il conviendrait toujours d'y ajouter l'action d'une aspiration énergique, s'exerçant spécialement sur les points qui donnent lieu à des émanations suspectes.

Ce dernier cas ne se présente presque jamais dans les établissements où le service de la ventilation doit se faire avec continuité, et déterminer, à peu près en tous temps, l'introduction et l'évacuation des mêmes volumes d'air; mais quand, au contraire, ce service doit être varié fré-

quemment d'un local à un autre, d'un même édifice, et quand les volumes d'air à renouveler sont excessivement différents d'un jour ou d'une heure à une autre, et ainsi, par exemple, que cela a lieu à Liverpool, dans le Saint Georges Hall, où ces volumes varient dans le rapport de 1 à 50, il peut devenir nécessaire, ou au moins utile, de joindre à l'action de l'aspiration déterminée par la chaleur, celle des appareils mécaniques, pour assurer dans les galeries d'arrivée de l'air une affluence suffisante.

Ces conséquences, basées sur la discussion d'un grand nombre d'expériences dues à divers observateurs, ont été admises par le Comité consultatif d'hygiène et de service médical des hôpitaux, créé auprès du ministère de l'intérieur par décret impérial en date du 29 août 1862. Elles s'appliquent à la ventilation de tous les lieux habités, en tenant compte toutefois des conditions locales, et elles servent de bases aux règles particulières que nous allons faire connaître.

39. *Influence des saisons.* — Il importe de ne pas perdre de vue que, dans la saison d'hiver, la ventilation peut souvent être obtenue directement et en même temps que le chauffage. C'est en particulier ce qui rend l'hiver le chauffage par les cheminées si salubre.

Mais il convient de se rappeler que cette ventilation naturelle, due à des différences, la plupart du temps très-faibles, des températures, est essentiellement instable et par conséquent sujette à se produire alternativement dans des sens contraires, ce qui peut présenter des inconvénients parfois assez graves.

La différence seule des températures intérieure et extérieure, et par suite celle des densités de l'air extérieur et de l'air intérieur, sont alors susceptibles de produire dans les conduits d'évacuation et d'arrivée des vitesses suffisantes pour assurer le renouvellement de l'air d'une manière convenable. On obtient alors ce qu'on nomme une *ventilation naturelle.*

40. *Volume d'air à extraire et à introduire par heure et par individu pour assurer la salubrité des lieux habités.*

Hôpitaux...	Malades ordinaires...........	60 à 70^{mc}
	Blessés et femmes en couches.	100
	En temps d'épidémie.........	150
Prisons...............................		50
Ateliers....	Ordinaires..................	60
	Insalubres..................	100
Casernes...	De jour.....................	30
	De nuit.....................	40 à 50
Salles de spectacles..........................		40 à 50
Salles d'assemblées et de réunions prolongées.		60
Salles de réunions momentanées, amphithéâtres.............................		30
Écoles d'enfants..............................		12 à 15
Écoles d'adultes..............................		25 à 30
Écuries et étables............................		180 à 200

Ces chiffres, bien supérieurs à ceux que l'on admettait il y a quelques années, n'ont rien d'exagéré et sont pour la plupart basés sur des observations directes[1].

Dans les ateliers et les autres lieux habités où le nombre des individus n'est pas très-grand, mais où d'autres causes peuvent altérer l'air, le volume à évacuer doit être déterminé par la condition que celui de ces locaux soit renouvelé un certain nombre de fois par heure.

Ainsi pour les appartements ordinaires, ce renouvellement doit avoir lieu environ quatre à cinq fois par heure.

Nous indiquerons la proportion à adopter dans quelques autres cas particuliers.

41. *Température convenable.* — Dans les lieux abondamment ventilés, et sous l'action d'un renouvellement continu de l'air, l'on supporte facilement et même on trouve

1. *Études sur la ventilation,* 1er volume.

convenables des températures plus élevées que celles par lesquelles on serait incommodé dans des locaux où l'air n'est pas renouvelé. Cependant, les températures intérieures ne doivent pas habituellement dépasser les valeurs suivantes :

Crèches, salles d'asile et écoles. .	15°
Hôpitaux.	16 à 18
Ateliers, casernes, prisons. . .	15°
Salles de spectacles, salles d'assemblées prolongées, amphithéâtres	19 à 20°

L'air nouveau introduit doit, en général, avoir à peu près la température que l'on veut maintenir dans le local, dès que celui-ci est suffisamment échauffé.

Si cependant le local présente au refroidissement de grandes surfaces vitrées, s'il n'y a pas un grand nombre de personnes ou d'appareils d'éclairage, l'air introduit devra être plus chaud, et sa température pourra s'élever à 30 ou 35°.

Si au contraire il y a beaucoup d'appareils d'éclairage et des réunions nombreuses, la température de l'air nouveau devra être un peu inférieure à celle de l'intérieur.

L'expérience fera promptement connaître dans chaque cas, la température convenable.

42. *Moyens de régler la température de l'air affluent.* — Pour la saison du chauffage, il convient de se réserver les moyens de mêler à l'air chaud, fourni par les appareils employés, de l'air froid, dont on réglera la proportion à l'aide de registres faciles à manœuvrer. A cet effet, l'air chaud fourni par les appareils de chauffage devra être reçu dans une capacité spéciale ou chambre de mélange, où arrivera aussi de l'air froid, avant de passer dans les conduits de distribution.

43. *Règles générales théoriques et pratiques.* — La théorie

et l'expérience sont d'accord pour montrer qu'en nommant

A, l'aire de la section d'une cheminée ou d'un conduit d'air,

H sa hauteur,

T' la température de l'air extérieur,

T la température moyenne dans le conduit,

V la vitesse moyenne de l'air dans le conduit,

K un coefficient numérique constant par chaque conduit et dépendant de ses proportions, ainsi que de sa disposition.

Q le volume d'air écoulé en une seconde,

on a les relations :

$$V = K\sqrt{(T-T')H} \quad \text{et} \quad Q = KA\sqrt{(T-T')H}$$

44. *Conséquences de ces formules.* — Il résulte de ces formules, que la vitesse V d'écoulement de l'air ou de la fumée dans une cheminée d'appel ou d'évacuation, est proportionnelle :

1° A la racine carrée de l'excès de la température du gaz dans la cheminée sur la température de l'air extérieur.

2° A la racine carrée de la hauteur de la cheminée, et que le volume d'air ou de fumée Q évacué en 1″, est proportionnel aux mêmes quantités, et de plus à l'aire de la section A du conduit.

Il s'ensuit donc :

1° Qu'on augmente la vitesse V et par suite le volume Q de gaz, évacué par une cheminée, ou qu'on active son tirage en lui donnant plus de hauteur;

2° Qu'on accroît le volume de gaz ou de l'air évacué, en donnant à la section transversale de la cheminée une plus grande superficie;

3° Qu'étant données la hauteur, la section et les dispositions générales d'une cheminée ou d'une conduite quelconque d'air ou de gaz, le volume d'air qu'elle évacuera sera toujours le même, si la température à l'intérieur de la conduite excède toujours celle de l'air extérieur d'un même nombre de degrés.

Cette dernière conséquence, parfaitement conforme à l'observation, oblige à proportionner les appareils de chauffage qui déterminent l'appel, pour le cas où la température extérieure de l'air est le plus élevée, et par conséquent pour la saison d'été.

45. *Différence de température généralement suffisante.* — L'observation des mines, où la circulation de l'air est le plus étendue et le plus compliquée, ainsi que celle des dispositifs de ventilation des plus grands hôpitaux et des amphithéâtres, montre qu'une différence de 20 à 25° entre la température dans les cheminées d'évacuation et l'air extérieur, est ordinairement suffisante pour déterminer les vitesses que l'on indiquera plus loin dans les diverses ramifications des conduites.

Dans les théâtres, par suite de la multiplicité obligée des conduits, la différence doit être de 36 à 40° pour assurer l'évacuation nécessaire.

46. *Insuffisance de la ventilation naturelle.* — Il résulte aussi de ce qui précède qu'à mesure que la différence des températures diminue, la vitesse de circulation de l'air décroît; ce qui explique comment si, en hiver, la ventilation naturelle obtenue par le seul effet de l'excès de la température des lieux habités, ordinairement maintenus à 16° environ, sur la température extérieure, suffit dans beaucoup de cas pour assurer un renouvellement convenable de l'air, quand on a ménagé des conduits d'évacuation bien proportionnés, il n'en est plus du tout de même au printemps, et à plus forte raison l'été. Dans ces saisons, la ventilation naturelle devient insuffisante, et comme d'ailleurs il n'est pas possible de maintenir les fenêtres ouvertes, il

devient nécessaire de recourir à la ventilation artificielle, toutes les fois qu'on a besoin d'assurer, dans une proportion régulière, le renouvellement de l'air.

47. *Renversement accidentel du mouvement de l'air.* — Lorsque les conduits d'évacuation de l'air ne sont pas maintenus à une température suffisamment élevée, il arrive souvent que le mouvement de l'air se renverse, et que les conduits introduisent de l'air extérieur froid, au lieu de servir à l'évacuation de l'air vicié. Cet effet se produit très-fréquemment dans les dispositions où, pour l'introduction et l'évacuation de l'air, on ne compte que sur la ventilation naturelle, malgré les différences de hauteur des conduits d'arrivée et de sortie.

On l'observe fréquemment dans les appartements de réception où, plusieurs salons étant en communication, les cheminées des uns étant plus ou moins chauffées, servent à l'évacuation, tandis que celles des autres introduisent de l'air froid.

Les mêmes effets se produisent aussi dans les lieux qui ne sont ventilés que pendant une partie du jour, tels que les amphithéâtres, les salles de spectacle, etc. Il arrive alors souvent et périodiquement, que le mouvement de l'air se renverse. L'air froid rentre par la cheminée d'évacuation, et l'air plus chaud des lieux qui ont été occupés, s'échappe par les orifices d'admission.

L'on prévient ce renversement, qui occasionne un refroidissement inutile, en disposant dans les conduits et dans les galeries de circulation de l'air, des portes ou des registres que l'on ferme, quand le service de la ventilation doit cesser.

Enfin il est également nécessaire d'interrompre la communication des lieux à ventiler, lorsque l'on allume le foyer d'appel placé au bas des cheminées d'évacuation, dont on parlera plus loin, afin d'éviter que le tirage se faisant, comme dans le cas précédent, en sens inverse, ces lieux ne se remplissent de fumée. Une prise d'air spéciale pour l'allumage de ce foyer doit être réservée.

48. *Insuffisance de l'ouverture des fenêtres.* — L'on croit généralement qu'il suffit toujours d'ouvrir les fenêtres d'une vaste salle pour y produire le renouvellement complet de l'air, et un grand nombre de médecins pensent que dans les hôpitaux, l'ouverture d'un certain nombre de fenêtres placées sur les deux faces opposées conduit à ce résultat. Cela n'est pas aussi exact qu'on le suppose, et l'été, quand le temps est calme et qu'il n'y a pas de vent, il arrive souvent que l'ouverture complète de cinq à six fenêtres opposées sur chaque face d'une grande salle de réunion, d'un hangar, d'une gare, d'un manége, ne déterminent qu'un renouvellement très-imparfait de l'air, et n'empêchent nullement une élévation anomale de la température. Les exemples en sont fréquents.

49. *Emplacement des orifices d'admission et d'évacuation de l'air.* — Aucun de ces orifices ne doit être placé à fleur des planchers, comme les constructeurs le font à tort le plus souvent, parce que les balayures et les immondices remplissent et obstruent promptement les conduits correspondants.

Les orifices disposés pour amener de l'air chaud ou de l'air froid doivent être pratiqués près des plafonds ou à une distance telle des personnes qu'elles ne puissent sentir l'impression d'aucun courant d'air.

Lorsqu'au contraire les orifices d'introduction sont pratiqués près du sol, l'air chaud, dans la saison d'hiver, ne s'en élève pas moins de suite vers le plafond, tandis que dans l'été l'air frais, plus lourd, séjourne à la partie inférieure. Dans les deux cas il est désagréable de se trouver à proximité de ces orifices ; c'est surtout dans les salles d'assemblées, dans les amphithéâtres que l'arrivée de l'air par les gradins ou entre les jambes des individus est peu convenable.

L'on en a eu des exemples au palais du Luxembourg et à la Chambre des députés, où l'on a été conduit à renoncer complétement à ce mode d'introduction de l'air.

Les orifices d'évacuation doivent au contraire, en général, être ménagés près du sol et aussi dans des parois verticales. Nous ferons connaître quelques cas particuliers où l'on est obligé de s'écarter de cette dernière règle.

50. *Vitesses convenables de l'air dans les orifices des conduits d'évacuation.* — Ces vitesses doivent aller en croissant depuis les premiers orifices d'appel jusqu'à la cheminée d'évacuation, qu'il est bon de rendre commune à tous les conduits d'un même bâtiment. On les réglera, autant que possible, ainsi qu'il suit :

1ers orifices d'appel	vitesse en 1″	$0^m,70$ à $0^m,40$
1ers conduits collecteurs		$1^m,00$ à $1^m,20$
2es conduits collecteurs		$1^m,30$ à $1^m,40$
Cheminée générale d'évacuation		$1^m,80$ à $2^m,00$

Ces vitesses s'obtiennent facilement dans la plupart des cas, à l'aide d'un excès de 20 à 25° de la température de la cheminée sur celle de l'air extérieur.

51. *Section à donner aux orifices et aux conduits d'appel et d'évacuation.* — Le volume d'air total à évacuer par seconde étant calculé *a priori*, d'après le nombre des individus et d'après les conditions du renouvellement de l'air, en divisant ce volume par la vitesse que l'air doit avoir à chacun des passages ou des conduits, l'on aura en mètres carrés la section libre qu'il conviendra de leur donner. Par *section libre* on doit entendre le passage réel, déduction faite des pleins des grilles ou des barreaux qui les obstruent souvent en très-grande partie.

Exemple. S'il s'agit d'une salle d'hôpital de douze lits à chacun desquels on alloue 80 mètres cubes d'air par heure, ce qui correspond pour l'ensemble à 960^{mc} par heure, ou à $0^{mc},267$ en 1″, la vitesse moyenne dans les conduits d'évacuation devant être de $0^m.70$ en 1″, leur section totale sera égale à $\frac{0^{mc},267}{0,70} = 0^{mq},38$. S'il doit y en avoir un par lit, le con-

duit à ouvrir derrière chaque lit aura une section égale à $\frac{0^{mq},38}{12} = 0^{mq},0317$; on lui donnera $0^{m},18$, sur $0^{m},18$.

Les conduits collecteurs qui réuniront le produit en air vicié des six lits de chaque côté devront évacuer $0^{mc},1335$ en une seconde, à la vitesse d'un mètre en une seconde. Leur section maximum sera $0^{mq},1335$; on leur donnera $0^{m},30$ sur $0^{m},45$; mais à l'origine on pourra les faire plus petits en les proportionnant toujours au volume d'air à évacuer.

On procédera de même pour les autres conduits.

S'il y a trois étages à chaque pavillon ou 36 lits en tout; le volume d'air à évacuer sera de 2880 mètres cubes par heure ou $0^{mc},800$ par seconde. La vitesse dans la cheminée devant être de 2 mètres environ, on lui donnera une section de $0^{mq},40$ soit $0^{m},64$ sur $0^{m},64$ de côté.

52. *Vitesses convenables de l'air aux orifices d'introduction.* — Lorsque ces orifices seront ménagés dans le plafond des lieux ventilés, et qu'alors l'air descendra verticalement, la vitesse d'introduction ne devra pas excéder $0^{m},50$ en une seconde.

Quand l'air débouchera latéralement et à peu près parallèlement au plafond, ou horizontalement à cinq ou six mètres au-dessus de la tête des individus, la vitesse d'introduction pourra atteindre un mètre par seconde sans inconvénient.

De semblables vitesses d'introduction sont ordinairement facilement déterminées par la simple action de l'appel, qui produit aussi l'évacuation.

Ainsi, dans le grand amphithéâtre du Conservatoire des arts et métiers qui contient parfois 750 auditeurs à chacun desquels on alloue 30 mètres cubes d'air par heure, ce qui exige une évacuation et une introduction de 22 500 mètres cubes par heure ou de $6^{mc},416$ en une seconde, la section totale libre des orifices d'introduction est d'environ 12 mètres carrés. Aussi l'arrivée de ce grand volume d'air y est-elle à peine sensible.

53. *Sections à donner aux orifices d'admission de l'air.* — Quoique, dans tous les cas, une partie de l'air évacué soit naturellement remplacée par celui qui afflue par les joints des portes et des fenêtres, il conviendra de calculer la section libre des orifices d'arrivée de l'air nouveau en divisant le volume total à admettre en 1″ par la vitesse fixée pour l'arrivée. On parviendra ainsi à restreindre les courants d'air par les portes et par les fenêtres.

54. *Moyen d'atténuer les effets des courants d'air affluent déterminés par l'aspiration.* — On reproche, non sans raison, au système de ventilation par appel de déterminer aux moments où des portes communiquant à l'extérieur sont ouvertes, l'introduction de courants d'air parfois fort gênants, mais, outre qu'en observant les règles précédentes, on rendra l'effet désagréable de ces courants d'air bien moins intense, on en fera presque totalement disparaître la sensation, si l'on a soin de chauffer convenablement les abords des lieux ventilés, tels que corridors, vestibules, antichambres, de sorte que l'ouverture des portes ne détermine plus que des entrées d'air chaud, à une température au moins égale à celle des lieux à assainir. Nous indiquerons dans chaque cas les dispositions particulières à prendre.

APPLICATIONS.

55. *Ventilation par les cheminées ordinaires.* — Ces appareils de chauffage d'un usage agréable, mais peu économique, sont un moyen puissant de renouvellement de l'air dans les lieux habités.

L'aspiration naturelle produite par la seule différence des températures à l'extérieur et à l'intérieur d'une cheminée ordinaire peut parfois déterminer l'évacuation de 400 mètres cubes d'air par heure, sans qu'on ait allumé de feu.

Avec un feu modéré entretenu avec du bois ou avec de la houille, cette évacuation peut s'élever à 1200 mètres cubes d'air par heure ou à 140 mètres cubes par kilogramme de bois brûlé, et 200 mètres cubes par kilogramme de houille brûlée.

Mais, à côté de cet avantage, les cheminées ordinaires présentent l'inconvénient grave de déterminer des courants d'air froid, qui s'introduisent par les joints des portes et des fenêtres et affluent vers le foyer, où ils causent souvent par derrière une sensation de froid, d'autant plus désagréable, que l'on est à l'inverse très-fortement chauffé par devant.

Les divers appareils connus à circulation d'air extérieur, avec bouches, et destinés à introduire à la fois de la chaleur et de l'air extérieur pour activer le tirage et la combustion, n'offrent, en général, que des sections de passage insuffisantes, et fournissent de l'air trop chaud à 80, 100° et plus, qui, débouchant latéralement à peu près à hauteur des personnes, est souvent intolérable. Ces appareils ont en outre l'inconvénient d'obstruer en partie la base des conduits de fumée et de réduire le volume d'air évacué.

Les cheminées du système de M. Douglas Galton, et dont on a donné les proportions au n° 13, évitent cet inconvénient, et sont à la fois des appareils efficaces de chauffage et de ventilation pendant l'hiver.

56. *Emploi des cheminées pour la ventilation d'été, à l'aide de becs de gaz.* — Les cheminées peuvent être facilement transformées en appareils de ventilation pendant la saison d'été, ou pour des réunions accidentelles, en y introduisant un tuyau en fer ou en cuivre muni de quelques becs de gaz.

Dans une cheminée d'appartement ordinaire, ayant un tuyau de poterie de 0m,30 de côté, et d'environ 20 mètres de hauteur totale, on évacue, par mètre cube de gaz brûlé, des quantités d'air d'autant plus grandes que l'on brûle moins de gaz ou que la température dans la cheminée est moindre, et suivant à peu près la proportion décroissante suivante :

Volume de gaz consommé par heure.	Volume d'air évacué par heure par la cheminée par mètre cube de gaz brûlé.
mc	mc
0,200	1900
0,400	1400
0,800	700
1,000	600
1,200	500
1,400	450

Ces chiffres approximatifs pourront servir à déterminer le nombre de becs de gaz brûlant 100 litres à l'heure, qu'il conviendra d'employer pour obtenir dans un appartement un renouvellement déterminé de l'air par heure.

Lorsque la cheminée sera notablement moins haute que celle dont il vient d'être question, on devra réduire l'estimation du volume d'air évacué dans le rapport des racines carrées des hauteurs des conduits.

Le tuyau qui amène le gaz à l'intérieur de la cheminée peut être facilement démonté quand on n'en a pas besoin, et fermé par un bouchon à vis en cuivre. Ce mode de ventilation peut être employé avec avantage pour les jours de réception dans les salons, pourvu que l'on y dispose aussi des orifices d'introduction d'air frais à une température modérée, convenablement placés.

Pendant la saison d'été, la ventilation à l'aide du gaz permet en outre de maintenir durant le jour, dans les appartements, une température notablement inférieure à celle du dehors, en y faisant affluer de l'air de caves salubres et bien tenues pour remplacer celui qui est extrait.

Exemple. Le cabinet de la direction du Conservatoire des arts et métiers est ventilé, l'été, par ce procédé, et quoiqu'il ne reçoive de l'air des caves que par une seule bouche très-insuffisante et que ses portes soient incessamment ouvertes, la température y est habituellement inférieure de 2° à celle du cabinet du sous-directeur, exposé identiquement de même, mais non ventilé, et de 4° à celle de l'air extérieur à l'ombre.

57. *Conduits auxiliaires d'évacuation.* — Outre les cheminées, l'on peut ménager pour les cas de réunions exceptionnelles, dans les trumeaux des murs de face ou dans les murs de refend, des conduits auxiliaires où des becs de gaz allumés détermineraient un tirage actif. Ce moyen a été pratiqué avec succès dans une maison des Champs-Élysées à Paris.

DES CRÈCHES.

58. Ces asiles, ouverts par la charité à la première enfance, outre les conditions d'espace et de soins de propreté, doivent aussi satisfaire à celle d'un renouvellement abondant et régulier de l'air obtenu autrement que par l'ouverture intermittente des fenêtres. Sous ce rapport tous les établissements de ce genre, et même la crèche modèle de l'Exposition, laissent beaucoup à désirer. Le chauffage y

est aussi assez mal assuré à l'aide de poêles en fonte, dont les inconvénients ont été signalés au n° 16.

Comme exemple de ce qu'il me paraît convenable de faire en pareil cas, je ferai connaître la disposition exécutée pour la nouvelle crèche de la paroisse de Saint-Ambroise à Paris, dont la construction a été confiée à M. Picq, architecte (pl. I, fig. 14).

Cette crèche est destinée à recevoir 50 enfants. L'on a d'abord admis qu'il s'y trouverait fréquemment en visite 25 mères, et que le personnel et les patronnesses formeraient parfois une réunion de 10 personnes.

D'après ces données, le volume d'air à extraire et à introduire pourrait s'élever au maximum, à (n° 40):

Pour 50 enfants, 15 mètres cubes par tête et par heure.	750$^{mc.}$
Pour 25 mères en visite, 30 mètres cubes, id. id.	750
Pour 10 personnes de service, 30 mètres cubes, id. id.	300
Volume total d'air à extraire et à introduire par heure.	1800$^{mc.}$

ou en une seconde, 0^{mc},500.

Ce chiffre excède de beaucoup les besoins, parce que le règlement de service des crèches n'admet pas la présence des mères dans la salle principale. Elles sont reçues et allaitent leurs enfants dans une salle spéciale.

La salle a 18^{m},58 de longueur, 7^{m},30 de largeur et 4^{m},70 de hauteur, ce qui correspond à une capacité cubique de 647^{mc},48.

Avec le volume d'air indiqué ci-dessus, le renouvellement complet aurait lieu $\frac{1800}{647,48} = 2,78$ fois par heure, ce qui est très-suffisant pour en maintenir la salubrité.

Le chauffage doit être assuré par un calorifère à air chaud,

à tuyaux verticaux en fonte, présentant ensemble environ 9 à 10 mètres carrés de surface de chauffe, et communiquant avec un conduit de mélange d'air froid, dont il sera parlé plus loin.

Ce calorifère devrait avoir deux étuves : l'une extérieure pour sécher les linges encore humides, avec évacuation de la vapeur vers la cheminée; l'autre intérieure, s'ouvrant dans la salle pour le chauffage du linge sec. Par mesure d'économie, l'on n'a pas cru devoir installer ces étuves.

On aurait pu facilement établir, à partir du foyer de ce calorifère, quelques tuyaux de circulation d'eau chaude, pour maintenir à une température convenable un réservoir d'eau pour le service intérieur. Pendant la saison d'été, ce réservoir, qui pourrait être placé dans la cheminée même du calorifère, aurait été chauffé par un petit foyer spécial. Le même motif que ci-dessus a empêché d'adopter cet utile accessoire.

L'évacuation de l'air vicié se fait par dix orifices d'appel *aaa* (pl. I, fig. 14), ouverts dans les parois verticales des murs. La vitesse de passage devant y être de $0^{m},70$ (nº 50), en une seconde, la section libre de chacun d'eux a été fixée à $\frac{0^{mc},50}{10 \times 0,70} = 0^{mq},071$. Ils pourraient avoir dans œuvre, $0^{m},30$ sur $0^{m},25$, mais leur entrée devant être munie d'une grille qui en obstruera environ un tiers, on a donné à cette ouverture $0^{m},33$ sur $0^{m},33$.

Ces conduits débouchent dans des collecteurs ménagés sous le sol de chaque côté des murs de face, et dont chacun doit évacuer au maximum $0^{mc},250$ en une seconde, à la vitesse moyenne de 1 mètre en une seconde (nº 50). Ils ont vers leur débouché $0^{mq},25$ de section, soit $0^{m},50$ sur $0^{m},50$; mais vers leur origine, pour les trois premiers conduits, on a réduit cette section à $0^{mq},150$, soit $0^{m},30$ sur $0^{m},50$.

Un deuxième collecteur transversal *ccc*, où l'air doit avoir $1^{m},25$ de vitesse en une seconde (nº 50), a seulement

$0^{mq},20$ de section, ou $0^{m},40$ sur $0^{m},50$ dans sa partie transversale, et $0^{m},80$ sur $0^{m},50$ à son débouché dans la cheminée attendu que là il doit débiter $0^{mc},500$ en 1 seconde.

La cheminée, qui doit évacuer $0^{mc},500$ en 1 seconde, à la vitesse de 2 mètres en une seconde (n° 50), devait avoir pour section $\frac{0^{mc},500}{2,00} = 0^{mq},250$ ou $0^{m},50$ sur $0^{m},50$. On en a, dans l'exécution, porté la section à $0^{mq},454$, ce qui est plus que suffisant. Elle reçoit le tuyau de fumée, et l'on a disposé à sa partie inférieure une petite grille de $0^{m},25$ sur $0^{m},25$ avec rebord, formant réchaud pour y allumer un peu de houille quand le temps sera doux, afin de maintenir l'activité de l'appel.

L'introduction de l'air nouveau se fait conformément aux règles indiquées aux n°s 51 et 52.

La prise de l'air que le calorifère A doit échauffer se fait par un conduit B venant du jardin et passant sous le sol de la salle. A l'extérieur, ce conduit est terminé par une sorte de cheminée, couverte d'un grillage pour empêcher l'introduction des corps étrangers.

La prise d'air du foyer se fait dans la petite salle C.

L'air chaud fourni par le calorifère afflue vers le grenier par un conduit *ddd*, *eee*, établi sur le sol du grenier, dans l'axe du bâtiment. La disposition de la charpente n'a pas permis de n'avoir qu'un seul conduit qui eût suffi.

L'air froid, destiné à être mélangé à l'air chaud, est pris dans le grenier, d'où il est dirigé vers le conduit *ddd* à l'aide de languettes, de manière à arriver au-dessus de celui *ddd* d'air chaud.

Une languette partant du mur de refend, et dirigée à moitié de la hauteur du conduit longitudinal *eee*, assure l'arrivée séparée de l'air chaud en dessous, et de l'air froid en dessus. Il suffit que ces languettes aient 3 à 4 mètres de longueur, mais elles doivent être faites en briques, afin qu'elles ne s'échauffent pas trop par l'action de l'air venant du calorifère, ce qui contrarierait parfois l'arrivée de l'air froid.

Les deux conduits d'air chaud et d'air frais ont 0^{m},30 sur 0^{m},50.

Quatre orifices *gggg*, ménagés au plafond dans l'axe de la salle, introduisent le mélange d'air chaud et frais à la vitesse d'environ 0^{m},50 en une seconde (n°s 51 et 52), et afin de tenir compte de l'obstruction des grilles, ils ont 0^{m},70 sur 0^{m},90.

Des registres sont disposés au bas de la cheminée pour modérer au besoin l'évacuation, et dans les conduits d'air chaud et d'air frais, pour en régler la proportion au degré convenable.

Telles sont les dispositions simples et peu coûteuses qui ont paru propres à assurer à cette crèche une salubrité supérieure à celle des autres établissements de ce genre.

59. *Résultats d'expériences.* — Les indications qui précèdent ont été à peu près suivies dans l'exécution, sauf quelques modifications de détail nécessitées par l'état des lieux et par les constructions déjà faites.

La crèche a été ouverte le 27 janvier 1868 et des expériences, exécutées dans les premiers jours de février, ont fourni les résultats suivants:

Résultats d'expériences exécutées à la crèche Saint-Ambroise. — Les travaux intérieurs de cette crèche n'ont été terminés que dans les derniers jours du mois de janvier de cette année, et la salle a été ouverte le lundi 27 aux premiers enfants qui y ont été présentés. Après trois ou quatre jours de chauffage, pour amener l'intérieur à une température convenable, l'on a procédé à des expériences à partir du 31 janvier.

Dans une première visite de la salle, l'on a reconnu que l'appel d'air vicié se faisait assez régulièrement à toutes les bouches, quoique la vitesse parût notablement plus grande à celles qui sont les plus voisines de la cheminée d'appel, ce qui est naturel. Il serait d'ailleurs facile de rendre la répartition de l'évacuation plus uniforme, si l'on en reconnaissait la nécessité, en disposant à chaque orifice

un registre, pour en régler l'ouverture, une fois pour toutes.

L'introduction de l'air nouveau se fait aussi convenablement par les rosaces du plafond et à des vitesses qui n'ont pas excédé $0^{m},45$ à $0^{m},50$ en une seconde. On la rendrait aussi tout à fait uniforme en restreignant intérieurement les orifices les plus éloignés du calorifère, où elle est plus abondante; mais cela n'est même pas nécessaire.

Le volume d'air introduit dans le calorifère, pour y être échauffé, peut varier dans de grandes proportions avec l'intensité du feu; mais avec une consommation très-modérée, de 26 kilogrammes de houille par journée, il a été trouvé, le 6 février, de 1760 mètres cubes, le 7 février, de 1670 mètres cubes élevés de la température extérieure de $+5^{0},56$, moyenne ordinaire de l'hiver, à celle de 31°, à laquelle il était introduit dans les salles. Le calorifère seul suffirait donc l'hiver, par les larges proportions de ses passages, pour alimenter la salle en air nouveau à une température très-modérée, bien au-delà des besoins.

Les prises d'air frais pour le mélange seraient ainsi souvent inutiles et pourraient alors être fermées.

Le volume d'air introduit dans la salle par les rosaces du plafond a été le même jour, 7 février, trouvé égal à 1692 mètres cubes par heure, ce qui confirme l'observation précédente.

Quant au volume d'air vicié évacué par la cheminée générale d'appel, il s'est élevé à 1847 mètres cubes le même jour et dans les mêmes circonstances. La température moyenne dans la cheminée d'appel était

Le 6 février, de	$28^{0},8$
Celle de l'air extérieur étant de. .	$6^{0},8$
Différence.	$22^{0},0$

Ainsi, par cette température moyenne de l'hiver, l'on a pu maintenir dans la salle celle de 16° et avec un excès de 20°

de celle de la cheminée d'appel sur celle de l'air obtenu, l'évacuation de près de 1800 mètres cubes, sur laquelle on avait compté.

La consommation de combustible par heure a été

Pour le chauffage.	$3^{kil},24$
Pour la cheminée d'appel.	1 40
	$4^{kil},64$

Les enfants, arrivant le matin et étant repris le soir par leurs mères, il suffira, en temps ordinaire, que les feux soient allumés au plus huit heures par jour. La consommation journalière sera donc en moyenne de $4^{kil},64 \times 8 = 37^{kil},12$.

Le combustible employé se composait de 75 pour 100 de coke et de 25 pour 100 de houille, et c'est l'estimer au delà de sa valeur que de la porter à 50 fr. les 100 kilogrammes. La dépense en argent sera donc au plus, pendant les jours d'hiver, de $37^{kil},12 \times 0,05 = 1,8560$, soit pour 100 jours 185 fr. 60 c., pour obtenir un renouvellement d'air de 1800 mètres cubes par heure.

Dans la saison où l'on ne chauffera pas, le foyer d'appel seul sera allumé et ne dépensera guère que $1^{kil},50$ par heure ou 12 kilogrammes par jour, quand on ne pourra pas se contenter de l'ouverture des fenêtres, soit pendant 200 jours

$$200 \times 12^{kil} \times 0,05 = 120^{fr}.$$

La dépense totale annuelle serait donc au plus de 300 fr. pour une crèche qui, bien que destinée seulement à 50 enfants, peut facilement en recevoir 100 dans ce local vaste et bien aéré, qui a $647^{mc},48$ de capacité, ce qui correspondrait encore à $6^{mc},47$ par enfant, tandis que, dans les écoles primaires de la ville de Paris, on n'alloue en moyenne qu'environ $4^{mc},40$ par enfant de 6 à 12 ans.

Dans ces conditions, la ventilation de 1800 mètres cubes par 100 lits ou de 18 mètres cubes par heure et par lit, serait à peu près double de ce qui est nécessaire et pourrait être réduite facilement à 1200 mètres cubes par heure. — Mais, en supposant même qu'elle soit conservée telle qu'elle est, la dépense moyenne par enfant serait au plus de 3 fr. par an et par lit.

Ajoutons enfin que, sans pousser le feu du foyer d'appel, il a été très-facile, avec les proportions adoptées, d'élever le volume d'air évacué à plus de 2500 mètres cubes par heure.

En résumé, l'on voit, par ces expériences, que les proportions adoptées pour cette première application aux crèches, ont été beaucoup plus larges qu'il n'était nécessaires et que les résultats désirés ont été dépassés. L'on peut donc être sûr qu'en appliquant des dispositions analogues avec des proportions restreintes, on satisfera à toutes les exigences d'une bonne et complète ventilation, avec une dépense très-inférieure à celle qui est faite dans la crèche que la paroisse Saint-Ambroise doit à son ancien curé, M. Langénieux.

60. *Proportions à adopter pour une crèche de* 50 *berceaux.* — D'après les résultats d'expérience que l'on vient de faire connaître et les conditions de service imposées par les règlements, les dispositions adoptées pour la crèche Saint-Ambroise, dépassant notablement les besoins, l'on pourra se borner, pour une autre crèche analogue, aux proportions suivantes :

Volume d'air à évacuer et à introduire pour 50 enfants, à 15 mètres cubes par heure et par tête.	750^{mc}
Pour les personnes de service et les visiteurs	250
Total.	1000^{mc}

Surface de plancher, $1^{mq},50$ par berceau. .	$75^{mq},00$
Hauteur intérieure.	$4^{mc},00$
Capacité cubique totale.	$300^{mc},00$

équivalant à 6 mètres cubes par berceau.

L'air de la salle serait renouvelé $\frac{1000^{mc}}{300}=3.33$ fois par heure.

Le volume d'air à évacuer et à introduire en une seconde serait de $\frac{1000^{mc}}{3600}=0^{mc},277$.

D'après ces bases et en suivant pour le calcul des dimensions des orifices et des conduits les règles précédentes, on renfermera toutes les dépenses d'établissement et d'entretien dans des limites beaucoup plus restreintes que celles qui ont été faites pour cette première application.

ÉCOLES PRIMAIRES.

61. Les dispositions à prendre doivent être calculées pour extraire et introduire un volume d'air de 12 à 15 mètres cubes par heure et par enfant.

Les orifices d'évacuation seront pratiqués dans ou contre les parois verticales des deux plus longs côtés de la salle. Ce n'est qu'en cas de difficultés graves offertes par la construction qu'on devrait se borner à les disposer sur un seul côté. Ils seront aussi multipliés que possible, et devront ensemble présenter une section libre telle que le volume d'air à évacuer ne doive pas y avoir une vitesse de plus de $0^{m},70$ en une seconde.

Ils communiqueront avec des conduits descendants qui déboucheront tous dans les caves ou sous le sol, dans un conduit collecteur, lequel, dans la plupart des cas, aboutira directement à la base de la cheminée d'appel.

Celle-ci sera parcourue dans toute sa hauteur par le tuyau de fumée du calorifère, qui aidera l'appel par la chaleur

qui passera à travers ses parois. Mais cette chaleur ne sera généralement pas suffisante, même par des températures assez basses, pour donner à cet appel l'activité nécessaire, et il faudra établir dans le bas de la cheminée d'évacuation un petit foyer, avec grille, isolé des murs, pour brûler de la houille.

Si les dispositions locales s'opposaient à ce qu'on pût faire l'appel par le bas, on l'établirait soit au niveau du plancher, soit en haut, mais en plaçant toujours les orifices d'appel près du plancher et dans des parois verticales.

L'air nouveau, chaud ou frais, sera amené près du plafond, et, de préférence, parallèlement à sa surface. Dans la saison du chauffage, l'air fourni par le calorifère sera mélangé avec de l'air extérieur frais. On réglera les proportions de l'un et de l'autre à l'aide de registres faciles à manœuvrer de l'intérieur des salles, de manière que le mélange ne soit qu'à la température de 30 à 35° au plus.

Les orifices d'admission seront répartis, s'il se peut, sur toute la longueur de la salle, ou au moins en très-grand nombre, et leur section calculée de façon que la vitesse d'arrivée soit de 1 mètre en une seconde, si elle est dirigée horizontalement et parallèlement au plafond, ou de $0^m,50$, si l'on a été conduit à lui donner la direction verticale.

62. *Exemple. École de la rue des Petits-Hôtels, à Paris* (pl. I, fig. 15). — Le bâtiment de cette école est destiné à deux services complétement distincts.

Le rezdechaussée sert de préau couvert pour les récréations des enfants. Il est inutile de le ventiler, et un seul poêle à air chaud suffit.

Le premier étage est affecté à l'école primaire, tenue par les Frères de la doctrine chrétienne, et partagé en quatre salles destinées à 400 enfants. La capacité de ces salles ne correspond en moyenne qu'à $4^{mc},40$ par enfant, ce qui est à peu près la proportion admise par l'administration de la ville, et nous semble tout à fait insuffisant: sept à huit mètres cubes par enfant nous paraîtraient la proportion conve-

nable, avec d'autant plus de raison que beaucoup d'écoles d'enfants sont, avec utilité, transformées le soir en écoles d'adultes.

Le second étage est consacré à une école de dessin dirigée par un professeur civil, et contenant 270 places, dont 200 dans la salle principale qui, le soir, est éclairée par 90 becs de gaz. La capacité de cette salle correspond à 5^{mc},84 par place.

La ventilation a été limitée pour le jour, aux deux étages, à 10 mètres cubes par individu : ce qui conduisait à extraire et à admettre pour le premier étage 4000 mètres cubes, et pour le second 2000 mètres cubes d'air par heure.

Le chauffage est fait par deux calorifères à tuyaux verticaux à circulation d'air, dont le rendement calorifique a été trouvé par des expériences spéciales égal à 0,81 de la chaleur développée par le combustible [1], et dont les proportions correspondent à 15 mètres carrés de surface de chauffe pour 1000 mètres cubes de capacité des salles, supposées ventilées à raison d'un renouvellement complet de l'air opéré deux fois par heure.

L'air chaud arrive à chaque étage par trois gaînes verticales, qui débouchent dans un long et large conduit régnant dans toute la longueur des salles et qui peut recevoir de l'air frais extérieur, pour permettre de régler la température de l'air admis dans les salles. — Cet air afflue horizontalement près du plafond.

Les volumes d'air chaud à une température de 60 à 65° montant dans les gaînes et non encore mélangé d'air froid ont été trouvés :

Pour le 1er étage, de 3000^{mc}, par heure ;
Pour le 2e étage, de 2000 —

et ils ont été toujours suffisants pour maintenir dans les

1. *Annales du Conservatoire des arts et métiers*, 6e volume, page 325.

salles une température de 16 à 18°, quand celle de l'air extérieur était de + 2 à + 3°.

D'après les indications données au constructeur, l'air vicié devait être évacué du premier étage par treize gaînes dont les proportions ont été déterminées en appliquant la règle adoptée au n° 51, qui fixe à 0m,70 par seconde la vitesse que l'air vicié doit prendre dans les premières gaînes d'évacuation, ainsi que l'indique le tableau suivant :

Numéros des salles.	Nombre prévu d'enfants.	Volumes d'air à évacuer par heure.	Volumes d'air à évacuer par seconde.	Section totale correspondante à une vitesse de 0m,70 en 1''.	Nombre de gaînes et dimensions prescrites.	Sections totales prescrites par salle.
			Salles de l'école. — 1er étage.			
		mc	mc	mq	m m mq	mq
1	90	900	0,250	0,36	1 de 0,80 sur 0,30 = 0,240 1 de 0,35 sur 0,30 = 0,105	0,345
2	60	600	0,166	0,28	3 de 0,35 sur 0,30 = 0,105	0,315
3	110	1100	0,306	0,44	4 de 0,35 sur 0,30 = 0,105	0,420
4	140	1400	0,392	0,56	4 de 0,45 sur 0,30 = 0,135	0.540
	400	4000	1,114	1,64		1,620
			Salle de dessin. — 2e étage.			
1	200	2000	0,555	0,793	4 de 0,45 sur 0,30 = 0,135 3 de 0,35 sur 0,30 = 0,105	0,540 0,315
						0,855

Nota. Dans l'exécution le constructeur a donné, à tort, aux passages des sections beaucoup plus restreintes; cependant les résultats prescrits ont été atteints.

Dans les premiers conduits collecteurs de chaque étage la vitesse pouvant être de 1 mètre en une seconde, la section devait être, pour

Le 1er étage,	vol. à évacuer en 1''	1me,114	section	1mq,116
Le 2e étage,	—	0me,555	—	0mq,555

Dans les deuxièmes conduits collecteurs débouchant au bas

de la cheminée générale d'évacuation, la vitesse devant être de $1^m,20$ en une seconde, leur section totale a été fixée

Pour le 1er étage, à $0^{mq},93$
Pour le 2e étage, à $0,\ \ 46$

$1^{mq},39$

Ces derniers conduits amènent l'air vicié au bas de la cheminée, qui a 17^m de hauteur et $1^{mq},042$ de section. Les deux tuyaux de fumée ayant chacun 0^m20 de diamètre ou $0^m,628$ de circonférence et par conséquent $0^m628 \times 17^m = 10^{mq},67$, de surface refroidissante ne pouvaient suffire, même en temps ordinaire, pour assurer le tirage de la cheminée, et un petit foyer auxiliaire avait été jugé nécessaire. On lui a donné une surface de $0^{mq},068$, environ et en y brûlant $1^{kil},60$ par heure, l'on a assuré au premier étage une évacuation moyenne de 4030 mètres carrés par heure et au second étage celle de 1989 mètres carrés.

Si les proportions prescrites au constructeur pour les gaînes d'évacuation avaient été observées, au lieu d'être alors réduites aux 0,46 au premier étage, et aux 0,70 au deuxième, il est évident que les volumes d'air évacués auraient dépassé de beaucoup ceux qui avaient été fixés, ce qui prouve que les règles indiquées plus haut mettent à l'abri de défauts, même graves, dans l'exécution.

Le résultat des observations faites dans ce bâtiment sur les effets du chauffage et de la ventilation conduit à cette conséquence importante, qu'avec des calorifères bien construits et un système de ventilation bien disposé, on peut chauffer convenablement et ventiler les salles d'écoles à raison de 10^{mc}, au moins par élève, avec une quantité de combustible au plus égale à celle que l'on consomme aujourd'hui pour le chauffage insalubre que fournissent les poêles en fonte, en usage dans la plupart des écoles.

ÉCOLES D'ADULTES.

63. Des dispositions tout à fait analogues doivent être prises pour les écoles d'adultes et la seule différence à y introduire consiste à élever le volume d'air à évacuer par heure et par individu à 15 ou 20 mètres cubes, ce qui conduit à donner aux orifices et aux conduits d'évacuation et d'admission des dimensions un peu plus grandes.

64. *Salles de dessin ouvertes le soir.* — Ces salles présentent pour le renouvellement de l'air et pour la modération de la température une difficulté spéciale par suite du grand nombre d'appareils d'éclairage ou de becs de gaz qu'elles contiennent et qui y développent souvent une quantité de chaleur bien supérieure à celle qui serait nécessaire pour le chauffage.

La règle générale, qui prescrit de faire évacuer l'air vicié près du plancher, ne pourrait être exclusivement appliquée sans donner lieu à l'inconvénient de faire descendre et affluer près des individus de l'air à 30 ou 35°.

Il y a alors nécessité de laisser échapper les gaz chauds, produits de la combustion, par des orifices ménagés dans le plafond. Mais, en même temps, il faut encore faire affluer l'air nouveau, qui alors doit être frais, à une certaine hauteur, la plus grande possible, entre le plancher et le plafond.

Mais si, de plus, la même salle doit être occupée pendant le jour comme salle d'étude ou de dessin, et si pour ces moments on l'a ventilée d'après les règles ordinaires, en appelant l'air vicié près du plancher, il conviendra de conserver le soir une certaine activité à cette ventilation, afin de faciliter la circulation et l'affluence vers le plancher d'une partie de l'air nouveau introduit qui, pour compenser les effets calorifiques des appareils d'éclairage, doit être en volume bien plus considérable que pendant le jour.

Des observations suivies faites dans une école de dessin

de la ville de Paris contenant le soir 200 à 240 élèves et éclairée par 90 becs de gaz consommant ensemble 9 à 10 mètres cubes de gaz par heure conduisent, pour ce cas particulier, aux règles suivantes :

1° Pendant le jour régler l'évacuation de l'air vicié à hauteur du plancher à raison de 15 mètres cubes environ par élève adulte et faire affluer l'air nouveau près du plafond.

2° Pour les séances du soir ménager dans le plafond des orifices d'évacuation, dont la surface libre de passage sera calculée à raison de 2 mètres carrés environ pour 1000 mètres cubes de capacité de la salle.

Si la salle n'est pas surmontée d'un grenier que puissent directement traverser des conduits d'évacuation placés au-dessus des orifices, on ménagera en des points convenables, aussi éloignés que possible, des points d'arrivée de l'air nouveau, des conduits spéciaux ; ces conduits seront munis de registres faciles à manœuvrer pour les fermer pendant le jour et pour modérer ou régler l'évacuation des gaz chauds.

3° — Ménager sur les deux faces opposées de la salle ou au moins sur l'une d'elles d'autres orifices d'arrivée d'air frais à une hauteur de 3^{m},50 ou 4 mètres et plus s'il se peut, en aussi grand nombre que possible, dont l'ouverture, facile à régler, dirige l'air horizontalement vers le plafond et soit calculée de manière que le volume d'air affluent puisse s'élever à six ou huit fois la capacité cubique totale de la salle, en ne lui laissant prendre qu'une vitesse d'introduction de 0^{m},70 à 0^{m},80 en une seconde.

A l'aide de ces dispositions, on rendra d'un séjour tolérable et salubre les salles de dessin du soir, qui, dans l'état actuel, sont presque toutes des étuves infectes, où l'on est conduit à ouvrir, même pendant l'hiver, une partie des fenêtres, sans se préoccuper des inconvénients graves qui peuvent en résulter pour les élèves qui en sont voisins.

Dans la salle de dessin dont il vient d'être parlé, le volume total d'air évacué par heure s'est élevé :

Le 4 avril 1866,	à	10 409^{mc}
Le 6 —	à	12 176
Moyenne :		11 292^{mc}

Ce qui correspond à un renouvellement total opéré près de huit fois par heure.

Au moyen de cette ventilation active la température intérieure a été maintenue jusqu'à 10 heures du soir à 19°,25 et à 21°,50, à 1^{m},50 au-dessus du plancher et à 23°,75 en moyenne au plafond, tandis qu'avant l'établissement des moyens de ventilation indiqués ci-dessus elle était respectivement aux mêmes hauteurs de 26°, 90 et de 33°.

65. *Disposition à employer dans les écoles déjà construites.* — Il arrive trop souvent qu'aucune disposition n'a été prise dans les écoles, et surtout dans celles qui se tiennent le soir, pour assurer, même partiellement, le renouvellement de l'air et y modérer la température, de sorte que le séjour en est aussi insalubre que pénible. L'on n'a alors, comme nous l'avons dit, d'autre ressource que l'ouverture des fenêtres, à la fois incommode et dangereuse pour les élèves qui en sont voisins.

L'on peut, dans beaucoup de cas, remédier, au moins en partie, à ces inconvénients, en imitant ce qui a été indiqué au n° 64, pour une école de dessin du soir.

Afin d'assurer l'évacuation des gaz chauds provenant des appareils d'éclairage, et d'éviter leur diffusion près des individus, l'on disposera les orifices de sortie de l'air vers le plafond. Des gaînes d'appel, dont on calculera la section d'après les règles précédentes, et de manière que l'air soit renouvelé s'il se peut quatre ou cinq fois par heure, seront établies en plusieurs points, ou, s'il n'est possible d'en construire qu'une seule, on la mettra, par un conduit horizontal supérieur, en communication avec une série d'orifices

ouverts dans l'un des plus grands côtés de la salle. A la base de cette gaîne, on établira, soit un petit foyer, soit des becs de gaz, brûlant chacun 100 à 120 litres à l'heure, au nombre de trois ou quatre, afin d'activer l'appel, quand la température extérieure sera trop élevée pour que la ventilation naturelle suffise. L'emploi du gaz est d'un usage plus commode dans la plupart des cas analogues que celui d'un foyer entretenu à la houille.

Du côté opposé à celui où se fera l'évacuation, on disposera les carreaux supérieurs des fenêtres en vasistas à soufflet, que l'on ouvrira plus ou moins, selon les besoins, et en grand nombre pour assurer la rentrée de l'air extérieur le plus près possible du plafond. En multipliant et en modérant convenablement ces ouvertures, on évitera que l'air froid affluent ne soit incommode.

Des dispositions de ce genre ont été indiquées récemment pour l'école du marché Saint-Martin, tenue par les Frères de la doctrine chrétienne, où le soir dans la salle de dessin il y a environ cent élèves, éclairés par un grand nombre de becs de gaz. De simples gaînes en planches montant jusqu'au toit, et l'emploi de quelques becs de gaz suffiraient pour assurer l'évacuation de l'air vicié et des gaz, et subsidiairement la rentrée de l'air frais par des vasistas disposés du côté opposé à celui par lequel se ferait l'évacuation.

Ces moyens sont loin d'être parfaits, mais leur emploi dans des bâtiments d'école déjà construits est presque toujours facile et peu dispendieux.

LYCÉES ET COLLÉGES.

66. Dans ces établissements, où il importe à un si haut degré d'assurer le renouvellement et la pureté de l'air, pour favoriser le développement physique de la jeunesse, il convient de régler ce renouvellement à raison de 15 mètres cubes d'air par heure et par individu pour les enfants

au-dessous de 12 à 14 ans, et de 25 mètres cubes pour ceux de 15 ans et au-dessus.

Les classes et les salles d'étude devant être chauffées en même temps que ventilées avec continuité pendant le jour, et les dortoirs devant l'être la nuit, il conviendra d'employer des appareils généraux de chauffage et de ventilation communs aux diverses salles d'un même bâtiment. Ceux où l'on se sert de la circulation de l'eau chaude devront être habituellement préférés, malgré le surcroît de dépense qu'occasionne leur établissement, parce qu'il est largement compensé par la régularité du service et même par l'économie du combustible.

Les poêles en fonte, trop généralement employés dans ces établissements, sont extrêmement insalubres, non-seulement parce qu'ils s'échauffent très-irrégulièrement et parfois excessivement, mais encore parce que la fonte, métal poreux, détermine une altération notable et dangereuse de l'air.

67. *Application faite au lycée de Toulon.* — M. Laval, l'un de nos plus habiles architectes, et celui qui depuis plusieurs années s'est le plus préoccupé des questions qui se rattachent à la salubrité des habitations, a fait, des principes exposés dans ce manuel, une très-heureuse application au nouveau lycée de Toulon, qu'il a été chargé de construire. Je crois utile de la faire connaître avec quelques détails, parce qu'elle peut servir à la fois d'exemple et de modèle à imiter dans des circonstances analogues.

L'établissement se compose d'une cour d'honneur donnant accès à tous les services (pl. I, fig. 16). Elle communique à droite et à gauche par des passages aux cours, aux salles d'études et de classe de la première et de la deuxième division. Au fond, dans un bâtiment spécial, se trouvent les salles de collections de physique et d'histoire naturelle. Derrière ce bâtiment est la cour de l'infirmerie, dans laquelle sont, au rez-de-chaussée, les réfectoires et les cuisines et l'infirmerie au premier étage avec ses dortoirs.

Le lycée doit contenir 300 élèves pensionnaires, répartis le jour dans six salles d'études, et la nuit dans dix dortoirs. Il y a en outre 22 classes, destinées chacune à 40 élèves en moyenne, et qui doivent être ventilées en même temps que les salles d'études. Les classes et les salles, d'un même côté de l'escalier, ont ensemble un volume cubique de 1200 mètres cubes, qui doit être desservi par un même appareil de ventilation, et les deux dortoirs placés au-dessus de ces locaux ont chacun 900 mètres cubes de capacité, ou ensemble 2100 mètres cubes. L'action des cheminées et des appareils de ventilation, dont il va être parlé, s'exercera donc le jour sur des locaux de 1200 mètres cubes, et la nuit sur des dortoirs de 2100 mètres cubes ensemble.

Les classes et les salles d'études sont réparties dans la cour de chaque division au rez-de-chaussée de vastes bâtiments, dont le premier étage est occupé par les dortoirs correspondants. Un bel escalier, placé vers le milieu de chacun de ces corps de logis, établit les communications.

La figure 17 (pl. I) montre la disposition générale du rez-de-chaussée de l'un des quatre bâtiments pareils.

Le climat de Toulon est assez doux pour que l'on n'ait pas eu à se préoccuper du chauffage, mais la ventilation a paru encore plus nécessaire sous le ciel du Midi que partout ailleurs.

M. Laval a pris pour base de ses calculs et des proportions qu'il a adoptées, l'évacuation et l'introduction d'un volume d'air de 25 mètres cubes par heure et par individu, ce qui paraît suffisant.

Les orifices d'appel ont été disposés dans les parois verticales des murs des salles du rez-de-chaussée et des dortoirs, et leur nombre ainsi que leurs sections calculés en admettant que la vitesse de passage fût d'environ $0^m,70$ en une seconde (pl. I, fig. 18).

Le système général adopté est celui de l'appel par en bas, et la ventilation fonctionne le jour pour les salles du rez-de-chaussée, la nuit pour les dortoirs.

Les conduits descendant, qui reçoivent l'air vicié de chaque côté des salles dans les murs de face, se réunissent au sous-sol dans deux conduits collecteurs centraux, disposés à droite et à gauche de la cage d'escalier, qui débouchent chacun dans une cheminée spéciale d'évacuation ménagée de chaque côté de cette cage.

Chaque étage a ses conduits d'appel et son conduit collecteur particuliers, et les deux collecteurs venant d'un même côté sont superposés l'un à l'autre, comme on le voit au plan du sous-sol, fig. 18, pl. I.

Comme la ventilation des deux étages alterne de jour et de nuit, un registre placé au débouché des collecteurs dans la cheminée permet d'interrompre celle des dortoirs pendant le jour et celle des salles la nuit.

Un poêle à coke qui n'est chargé que de douze en douze heures et dont on peut modérer à volonté le tirage et l'activité, est placé au bas de chaque cheminée et y détermine l'appel.

Telles sont les dispositions simples et peu dispendieuses adoptées pour les quatre bâtiments contenant les salles d'études, les classes et les dortoirs.

Le bâtiment des réfectoires et de l'infirmerie a été ventilé par des dispositions analogues, mais pour lesquelles M. Laval a très-heureusement utilisé la chaleur perdue, toujours considérable, des fourneaux de cuisine allumés une grande partie de la journée.

Dans les réfectoires, les tables sont rangées du côté opposé au mur de façade percé de nombreuses fenêtres prenant l'air et le jour dans la cour de l'infirmerie. Les orifices d'appel sont ménagés entre les tables dans la paroi verticale du mur opposé. Les conduits verticaux d'évacuation se réunissent à des conduits collecteurs qui amènent l'air vicié au bas de la cheminée de la cuisine, toujours suffisamment chauffée pour assurer à l'appel une énergie convenable.

Pour l'infirmerie, placée au premier étage, les dispositions sont analogues et, comme les réfectoires ne doivent

être ventilés qu'à certaines heures, la chaleur des fourneaux de cuisine et celle des fourneaux à tisanes et à cataplasmes permettent non-seulement d'assurer, sans frais, l'évacuation de l'air vicié, mais encore le chauffage de tous les bains nécessaires à l'ensemble de l'établissement.

Introduction de l'air nouveau. — La douceur du climat de Toulon permettant, comme on l'a dit, de se dispenser de chauffage, l'introduction de l'air nouveau ne présente pas de difficulté, et il n'y a d'autre précaution à prendre que de l'empêcher d'être gênant. M. Laval y a pourvu en disposant les ouvertures supérieures des fenêtres en forme de vasistas à soufflet, dirigeant l'air vers le plafond. Un registre mobile permet de clore ou de restreindre les orifices lorsque la violence des vents le rend nécessaire. Dans les dortoirs, l'auteur a ajouté à ces dispositions convenables pour le renouvellement de l'air pendant la nuit, l'ouverture de petits volets disposés sous la tablette des fenêtres afin de permettre, pendant le jour, de faire affluer l'air à fleur de plancher et sous les lits, pour mieux assurer l'assainissement.

Toutes ces dispositions habilement combinées à l'avance par M. Laval et exécutées au fur et à mesure de la construction n'ont conduit qu'à une dépense spéciale de 25 000 fr. pour l'assainissement complet de toutes les parties habitées d'un lycée de 300 élèves dont l'intérêt et l'entretien, à 10 pour 100 par an, représentent 2500 francs ou 8 fr. 33 c. par élève.

L'on ne saurait douter que dans un semblable établissement, la santé et la vigueur de la jeunesse, en diminuant le nombre des journées de maladie, ne compensent largement au seul point de vue économique les dépenses si utilement faites.

Il convient cependant de faire remarquer que l'hiver la température peut s'abaisser exceptionnellement à Toulon, et qu'une ventilation sans chauffage pourrait donner lieu à des inconvénients. Il eut été facile de compléter cette installation à l'aide de quelques calorifères.

ATELIERS ORDINAIRES.

68. Pendant le jour, il suffit la plupart du temps que l'air soit renouvelé deux à trois fois par heure, en observant les règles générales indiquées au n° 38 et suivants.

Si l'on prépare ou si l'on travaille des matières donnant lieu à des odeurs désagréables ou insalubres, il conviendra d'en isoler, si l'on peut, les foyers d'infection, de les renfermer dans des enveloppes à peu près closes comme des étuves et de faire évacuer directement ces émanations à l'extérieur par un appel local et énergique qui les entraîne sous le sol et de là dans une cheminée générale d'évacuation (fig. 20, pl. II).

L'air nouveau introduit vers le plafond et chaud ou frais, selon les saisons, affluerait de haut en bas dans les salles et viendrait sans cesse renouveler celui des enveloppes ou des étuves, qui serait entraîné avant d'avoir pu se répandre à l'intérieur.

Si les points de travail des matières insalubres sont très-multipliés et répartis à peu près sur toute la surface des ateliers, il conviendra de disposer près de chaque place d'ouvrier un orifice d'appel communiquant avec des conduits collecteurs aboutissant à une cheminée commune d'évacuation.

Le volume d'air à évacuer ainsi devra être d'autant plus grand que les matières seront plus dangereuses à respirer.

Il faut alors que l'air de l'atelier soit renouvelé au moins trois à quatre fois par heure et que, pour certains ateliers, tels que les fabriques d'allumettes chimiques et autres industries insalubres, il le soit de huit à dix fois.

Dans les ateliers éclairés au gaz et où chaque ouvrier a un bec spécial, on peut souvent obtenir facilement l'évacuation des produits de la combustion, en disposant au dessus du chapeau réflecteur de chaque bec un petit tuyau

en fer ou en cuivre de $0^m,02$ de diamètre, qui débouche à l'extérieur.

Ce moyen simple et peu coûteux permettrait d'assainir un grand nombre d'ateliers où de malheureux ouvriers tailleurs, des couturières, etc., vivent dans une atmosphère infecte et insalubre.

La combustion du gaz donnant lieu à une grande production de vapeur d'eau, les conduits d'évacuation des produits gazeux doivent être courts et directs pour éviter les condensations.

Aux inconvénients de l'altération de l'air se joint souvent l'été celui de l'élévation excessive de la température dans les ateliers placés sous les combles. On indiquera plus loin les moyens d'y remédier par l'arrosage peu dispendieux des toitures.

69. *Ateliers de préparation de la gélatine, des graisses*, etc. — Dans la préparation de ces matières et de plusieurs autres du même genre il se forme des odeurs nauséabondes pendant la période d'ébullition. Le moyen employé avec le plus de succès en Angleterre paraît être[1] de recouvrir la chaudière et de ménager dans le couvercle deux ouvertures, dont l'une laisse entrer l'air extérieur et dont l'autre, mise en communication, soit avec une cheminée générale d'appel soit avec le foyer même de la chaudière, aspire les vapeurs et l'air extérieur introduit par la première et les conduit au dehors.

Quand il y a un grand nombre de chaudières voisines les unes des autres, on met parfois leurs tuyaux d'évacuation en communication avec un conduit unique qui débouche dans une cheminée d'appel général.

S'il ne s'agit que d'émanations désagréables, mais peu abondantes et non dangereuses, il suffit souvent de ménager dans le plafond des ouvertures en nombre suffisant munies de cheminées en tôle de peu de hauteur pour

1. Extrait du rapport de M. Freycinet, *Sur la salubrité des fabriques*.

déterminer l'évacuation et de réserver des entrées convenables à l'air extérieur.

70. *Fabriques de chlorure de chaux et autres analogues où se dégagent des vapeurs acides.* — On ouvre les portes des chambres où les ouvriers doivent pénétrer et on les met en communication avec une cheminée d'appel énergique. Les ouvriers n'y entrent que quand la totalité des vapeurs a été entraînée par l'air introduit.

71. *Fabriques d'allumettes chimiques.* — Cette industrie, qui donne lieu aux plus déplorables maladies et sur laquelle l'autorité chargée de veiller à la salubrité n'exerce peut-être pas assez son action, exige des dispositions spéciales dans les détails desquelles je crois utile d'entrer.

A cet effet j'emprunte à un rapport fort important fait par M. de Freycinet, ingénieur des mines, la description suivante des dispositions adoptées avec succès dans un vaste établissement de création nouvelle à Hemixeim près d'Anvers, où le constructeur, M. Génis, officier du génie Belge, a fait une application remarquable de la ventilation par appel de haut en bas.

Cinq bâtiments séparés pour l'emmagasinage des matières premières, pour le soufrage, pour la préparation de la pâte phosphorée, pour le trempage, le séchage et la mise en boîtes, et enfin pour l'expédition des produits, constituent la fabrique proprement dite.

Ils sont tous aérés, au moyen d'une grande cheminée centrale de 2 mètres de diamètre intérieur et de 36 mètres de haut, qui reçoit les gaz chauds des foyers des machines à vapeur et au besoin la chaleur auxiliaire d'un foyer spécial. Le long des deux faces contiguës de chaque bâtiment règne extérieurement un carneau souterrain CC (pl. II, fig. 21 et 22) en maçonnerie de $0^{m},60$ de côté, qui débouche à la base de la cheminée. Partout où le phosphore séjourne, une ouverture pratiquée, soit dans les murs, soit dans le sol et communiquant par un petit conduit au carneau sou-

terrain CC, donne issue à la vapeur délétère, sans lui permettre de se répandre dans l'atelier.

Les dispositions varient selon la nature de l'opération. Ainsi, pour la préparation de la pâte, on a une hotte large et basse, dont l'aspiration est activée par les flammes du petit foyer de fusion.

L'atelier de trempage et de séchage, qui offre le plus de danger, est particulièrement soigné sous le rapport de le ventilation. Nous en reproduisons la disposition générale par les deux figures (fig. 21 et 22, pl. II). Il a 20 mètres sur 15. Sur les deux longs côtés sont disposés les séchoirs EEE, au nombre de 18, ayant chacun $1^m,80$ de large, 5 mètres de profondeur, et $2^m,14$ de hauteur à la naissance des voûtes, et $2^m,74$ à la clef. Ils communiquent au carneau CC de ventilation par de triples orifices OOO, de $0^m,25$ sur $0^m,13$ de section au niveau du plancher, et reçoivent l'air extérieur, soit par des cheminées débouchant au-dessus du toit, soit par des ouvertures de $0^m,24$ sur $0^m,14$, ménagées au bas des portes en fer des séchoirs, et prenant l'air dans la grande salle intérieure. Les portes ont $0^m,82$ de largeur et $1^m,82$ de hauteur. Ils sont chauffés par trois rangs de tuyaux de vapeur de $0^m,050$ de diamètre, placés sous le plancher. Les gaînes parcourues par ces tuyaux devraient recevoir directement l'air froid à introduire dans les séchoirs. Des registres manœuvrés de l'extérieur des séchoirs permettent de régler l'admission et l'extraction de l'air qui doit être à son débouché à la température d'environ 60°, celle du séchoir ne devant pas dépasser 35°.

Devant chaque rangée de séchoirs règne une petite voie de fer, venant de l'atelier de fusion, et conduisant au bâtiment d'expédition. Un chariot en fer reçoit la pâte préparée et la présente successivement aux séchoirs. Devant chaque porte ou point de stationnement, un orifice O'O' pratiqué dans le sol, exerce un appel énergique, et entraîne les vapeurs dans le carneau latéral extérieur. Le trempage se

fait rapidement, et les cadres sont aussitôt placés dans les séchoirs, dont les portes en fer sont soigneusement refermées.

Le milieu de la salle est réservé pour la mise en boîtes. Sous les tables, sont pareillement ménagées des bouches d'appel O'O'. Enfin les boîtes terminées sont chargées en wagon, et transportées au lieu d'expédition.

Les carneaux principaux CC et C'C', doivent déboucher séparément à la base de la cheminée, et leurs extrémités y être isolées par de petits murs verticaux, afin d'empêcher les courants de se contrarier, et de pouvoir les régler au besoin.

A l'aide de ces dispositions, l'on assure que toute odeur de phosphore a disparu de l'atelier central, et que les ouvriers qui y travaillent ont cessé d'être exposés aux nécroses. En y joignant la précaution de les soumettre à des visites fréquentes des médecins, et d'établir un roulement convenable du personnel dans les divers ateliers, on parviendra à les soustraire complétement à cette affreuse maladie.

FABRIQUES.

72. Dans certaines industries, il est nécessaire à la qualité des produits que la température intérieure ne s'abaisse pas au-dessous d'une certaine limite, ce qui conduit à chauffer les ateliers même au printemps et à l'automne, et à en tenir les fenêtres fermées. Il en résulte que l'air n'étant pas renouvelé, il se sature peu à peu des vapeurs et des autres émanations cutanées, et devient tout à fait insalubre. Les ouvriers, ainsi maintenus en transpiration permanente, quoiqu'ils quittent une partie de leurs vêtements, sortent ensuite à l'air libre, et contractent fréquemment des affections plus ou moins graves des voies respiratoires.

On pourrait satisfaire aux conditions de la fabrication en même temps qu'à celles de l'hygiène et de la salubrité par une ventilation active, qui fournirait avec continuité de l'air

nouveau, à la température et même au degré d'hygrométricité voulu, en évacuant aussi régulièrement l'air vicié. Sous l'action de ce renouvellement de l'air, une température de 24 à 25 deviendrait très-supportable, et les ouvriers cesseraient d'être toujours en transpiration dans une atmosphère de plus en plus viciée.

Les règles à suivre sont les mêmes que précédemment, et un renouvellement opéré trois ou quatre fois par heure suffira généralement.

La vapeur d'échappement des machines est ordinairement alors employée au chauffage, qui pourrait être réglé de manière à assurer à l'air nouveau la température voulue, et la cheminée des machines motrices produirait, sans frais, l'appel et l'évacuation de l'air vicié.

Dans le cas où cette cheminée serait trop éloignée, on pourrait activer ou produire l'appel dans cette cheminée spéciale, en la chauffant à la vapeur ou en y injectant de la vapeur du chauffage, comme dans celles des locomotives.

73. *Ateliers où il se produit des poussières plus ou moins dangereuses à respirer.* — Dans un grand nombre d'industries, le nettoyage, la division des matières premières déterminent le développement de poussières plus ou moins ténues, lourdes ou légères, inoffensives ou malsaines qu'il importe d'écarter des ouvriers et de rejeter en dehors.

Dans la plupart des cas pareils, la ventilation par appel déterminé par la chaleur serait impuissante à moins qu'on ne lui donnât une grande activité par un chauffage énergique. Elle pourrait suffire pour les poussières légères de matières très-divisées, mais pour les poussières un peu lourdes, telles que celles des meules à aiguiser, il devient indispensable de recourir aux appareils mécaniques employés alors pour déterminer, par l'aspiration et dans des conduits convenablement disposés, des courants d'air d'une vitesse suffisante, que l'observation seule peut faire connaître.

Dans la saison d'hiver, où le chauffage peut être néces-

saire, comme dans celle d'été où il devient inutile, il importe toujours que les orifices d'évacuation soient placés le plus près possible des appareils qui produisent les poussières ou les émanations, et que les orifices d'affluence de l'air nouveau en soient en général éloignés, afin que des points d'arrivée au point de sortie, la vitesse aille en croissant graduellement.

Mais si l'atelier contient peu d'ouvriers, s'il est naturellement assez aéré, et s'il ne s'agit que d'expulser le plus directement et le plutôt possible les poussières, il pourra être avantageux que l'introduction de l'air nouveau se fasse dans l'enveloppe même qui doit alors entourer complétement l'appareil ou la machine, en amont du point où la poussière se développe, tandis que l'appel se ferait à l'aval du même point, et que l'expulsion aurait lieu directemeut en dehors.

Ce qui précède est surtout applicable aux appareils isolés et en petit nombre qui sont employés dans certaines industries.

74. *Aiguiseries.* — L'une des industries les plus dangereuses à exercer est celle d'aiguiseur. Lorsqu'on ne prend pas de précautions convenables la poussière qui se dégage des meules de grès, qui travaillent à sec ou de celles que l'on tourne, pour les ramener à leur forme primitive par l'opération appelée riflage et qui se fait aussi à sec, pénètre dans les voies respiratoires.

On atténue et l'on fait presque complétement disparaître ces dangers par les dispositions suivantes.

75. *Aiguisage à l'eau* (fig. 23 et 24, pl. II). — Les meules doivent être entourées aussi complétement que possible par une enveloppe en bois ou en tôle, mobile et ne laissant d'ouverture sur le devant que celle qui est strictement nécessaire pour le travail.

Afin d'éviter l'encombrement des conduits d'appel que l'on établira, il convient de disposer des canaux particuliers d'écoulement pour les eaux, à peu près comme l'indiquent

les figures, selon que les meules seront en partie enterrées ou entièrement au-dessus du sol.

Le conduit destiné à l'évacuation des poussières sera placé au-dessous des meules et à l'aval par rapport au sens du mouvement. Il aura une largeur un peu supérieure à celle de la meule et une hauteur de $0^{m},20$ au plus pour les plus grandes meules. Une porte glissante servira à le fermer, toutes les fois qu'il ne se produira pas de poussière sèche. De même le conduit d'écoulement de l'eau aura une ventelle, qui devra être fermée, quand on ne travaillera pas à l'eau et qu'on voudra enlever les poussières produites par le riflage.

Les divers conduits d'aérage particuliers à chaque meule déboucheront dans un conduit collecteur de $0^{m},40$ sur $0^{m},30$, avec lequel ils se raccorderont par des arrondissements.

S'il n'y a que quatre à cinq meules dans l'usine, un seul conduit collecteur suffira et le ventilateur aspirant sera placé à son extrémité. Mais s'il y a sur une même ligne huit à dix meules, il conviendra de disposer un deuxième collecteur de $0^{m},40$ à $0^{m},30$ au milieu de la longueur du premier et perpendiculairement à sa direction. Le ventilateur sera placé alors à l'extrémité du second collecteur.

Enfin, s'il y a deux longues rangées parallèles de huit à dix meules chacune, on établira de même leurs communications avec le second collecteur ou avec un troisième collecteur final de $0^{m},40$ sur $0^{m},50$, en communication avec le ventilateur.

Dans toutes ces dispositions, des ventelles mobiles seront placées aux embranchements des conduits, afin d'intercepter la circulation de l'air dans ceux qui ne doivent pas fonctionner, à certains moments, pour l'enlèvement des poussières, attendu que l'on ne doit pas se proposer de ventiler à la fois toutes les meules d'une même aiguiserie. Les registres disposés à l'origine de chaque conduit de meule doivent être également fermés, quand on ne la ventile pas.

Mais la plus grande difficulté de l'assainissement de ces usines, comme de la plupart des autres, réside dans l'insouciance des ouvriers et dans la négligence des contremaîtres, qui ne tiennent pas assez sévèrement la main à l'observation des règles prescrites.

76. *Application.* — A la manufacture d'armes de Châtellerault, en utilisant de premiers résultats obtenus par MM. Peugeot frères de Valentigney (Doubs) dans leurs aiguiseries de grosse quincaillerie, des ventilateurs aspirants ont été établis dans deux usines contenant chacune :

Grandes meules du diamètre de $0^m,20$. .	2
Meules à gouttières du diamètre de $1^m,20$.	16
	18

Un ventilateur à palettes courbes de $0^m,78$ de diamètre, de $0^m,40$ de largeur parallèle à l'axe et ayant une ouverture centrale de $0^m,28$ de diamètre, faisant 900 à 1000 tours en une seconde et exigeant une force motrice de 8 à 10 chevaux au plus, aspire convenablement les poussières développées pendant le riflage sur les deux grandes meules et sur douze meules à gouttières, les autres passages étant fermés.

L'axe du ventilateur est placé dans le sens de celui du dernier conduit collecteur, et est fermé du côté opposé à ce conduit, et l'air emportant les poussières aspirées, est expulsé par la circonférence extérieure, qui est entièrement libre.

Malgré le succès obtenu par les dispositions indiquées ci-dessus dans de grandes aiguiseries, il sera toujours préférable de fractionner les ateliers en petites usines de deux meules, ayant chacune leur appareil particulier de ventilation analogue d'ailleurs à celui qu'on vient de décrire. C'est ce que l'on fait aujourd'hui pour les aiguiseries de Châtellerault et de Tulle. Des essais récents semblent montrer que le système de ventilation par injectien d'air serait dans ce cas d'un usage commode.

ÉTUVES.

77. — La disposition générale qu'il convient de donner aux étuves est conforme aux règles précédentes. L'air doit y affluer vers le haut et comme, dans ce cas, il est toujours assez fortement chauffé, il s'y rend d'ailleurs naturellement, mais il importe surtout qu'il soit uniformément introduit. Les orifices d'appel de l'air saturé de vapeur doivent être placés près du sol et répartis sur le pourtour des salles. Il convient de réunir les cheminées d'évacuation au bas de celle qui reçoit le tuyau de l'appareil de chauffage.

La température qu'il est nécessaire de maintenir dans les étuves, dépend de la nature des matières à dessécher. Pour les substances végétales et les farines elle ne doit pas dépasser 40 à 45°, pour le linge et les étoffes 70° environ.

Les conditions particulières de chaque application peuvent conduire à modifier en quelque chose ces règles générales. Les séchoirs à linge en offrent un exemple qu'il est bon de faire connaître.

SÉCHOIRS A LINGE.

78. La disposition de ces appareils (fig. 25 et 26, pl. II), accessoires très-utiles des établissements de blanchissage de quelque importance, a été très-bien étudiée par MM. Bouillon, Muller et Cie. Le linge passé à l'essoreuse, qui le débarrasse d'une grande partie de l'eau qu'il contient après avoir été lavé, en conserve encore 0,33 de son poids total, quand il arrive au séchoir. Lorsqu'il est étendu verticalement, cette eau s'accumule en plus grande proportion vers les parties inférieures, qui sont ainsi les plus difficiles à sécher. D'une autre part, lorsque l'air arrive par un seul orifice vers les parties supérieures de l'étuve, les obstacles que présente à la circulation le linge, qui pend en bandes ver-

ticales et l'énergie de l'appel, qui attire en partie directement l'air vers les orifices d'évacuation empêchent la dessiccation de se faire uniformément, surtout dans les grandes étuves. L'observation de ces effets irréguliers a conduit MM. Bouillon, Muller et Cie à adopter pour leurs séchoirs à linge les plus récents les dispositions suivantes.

Les chambres, dont se compose un séchoir (pl. II, fig. 25 et 26), sont petites et ont au maximum $3^{m},20$ de longueur, $1^{m},30$ de largeur, $1^{m},40$ de hauteur, soit une capacité de $5^{mc},824$.

Le sol est composé de deux feuilles de tôle courbes formant en même temps le plafond de la chambre à air chaud du calorifère placé au-dessous. Ces deux feuilles de tôle laissent entre elles une fente O, qui règne sur toute la longueur du séchoir et par laquelle s'introduit l'air chaud, lequel, après avoir séché les parties inférieures les plus humides, s'élève, avec la vapeur qu'il a formée, vers le plafond et redescend vers les orifices d'évacuation disposés près du sol, dans toute la longueur des deux parois verticales, qui sont creuses et servent de conduits dirigés vers la cheminée, laquelle reçoit aussi les tuyaux de fumée, comme on peut le voir dans les figures.

Le linge est chargé en dehors du séchoir sur des tubes en cuivre, glissant sur des fils de fer occupant toute la longueur de la chambre. Ces fils et les tubes qu'ils soutiennent correspondent au milieu d'une porte étroite et de la même hauteur que le séchoir, laquelle ne s'ouvre que lorsqu'on introduit le linge mouillé, ou qu'on retire le linge sec.

Chaque chambre renferme huit tringles. Elle reçoit en deux charges 48 kilogrammes de linge humide, contenant encore 16 kilogr. d'eau après l'essorage.

L'évaporation de ces 16 kilogrammes d'eau s'effectue en une heure, en brûlant environ 5 kilogrammes de charbon, tout venant, en marche ordinaire et courante.

La température de la chambre est maintenue à 70° et le

volume d'air passant dans la chambre varie de 1000 à 1200 mètres cubes par heure.

Quatre chambres, avec leurs 32 tringles, occupent une femme pour le chargement et le déchargement.

D'après les données précédentes les 16 kilogrammes d'eau vaporisés exigeant $16 \times 650 = 10200$ calories ou unités de chaleur, et les 5 kilogrammes de charbon en développant 40 000 le rendement, calorifique de l'appareil est égal à $\frac{10200}{40000} = 0,25$.

C'est ce qui résulte aussi d'expériences continuées pendant sept jours à la Salpêtrière, et dans lesquelles, avec une consommation de 2910 kilogrammes de charbon, on a évaporé 8591 kilogrammes d'eau contenue dans 1760 kilogrammes de linge humide. Le rendement calorifique dans ces expériences a été de 0,24.

SÉCHERIES DES POUDRES.

79. Lorsqu'il s'agit de matières grenues étendues sur une certaine épaisseur, l'on est souvent obligé de recourir à l'emploi de ventilateurs insufflants, qui refoulent de l'air sous une table close de tous côtés, et dont la partie supérieure est formée par une toile métallique, sur laquelle les matières à sécher sont placées.

Ainsi, dans les poudreries, l'air refoulé sous la toile a ordinairement une pression mesurée par une colonne d'eau de 5 à 6 millimètres, et une température de 50 à 60°. L'épaisseur des couches de poudre varie de $0^m,015$ à $0^m,080$, selon leur nature.

Un jeu de tuyaux chauffés par circulation d'eau ou de vapeur sert à donner à l'air la température convenable.

Quoique, dans des cas pareils, l'emploi des ventilateurs soit généralement en usage, l'on peut bien souvent obtenir les mêmes résultats par la seule action d'un appel bien réglé. A la poudrerie de Saint-Chamas, une sécherie chauffée

par circulation d'eau chaude, au moyen d'un jeu de tuyaux placés sous la table, et munie d'une cheminée contenant un récipient d'eau chaude pour déterminer l'appel, a très-bien fonctionné, même pour des poudres de mine contenant 8 à 9 pour 100 d'eau.

CASERNES.

80. Le volume d'air à évacuer et à introduire par homme et par heure devant être de 30 mètres cubes pendant le jour, et de 40 à 50 pendant la nuit, on appliquera, pour les proportions et la disposition des orifices, les règles données précédemment.

Mais c'est surtout, et l'on peut même dire seulement, la nuit que la ventilation des chambres de casernes est nécessaire, attendu que, pendant le jour, les hommes sont presque toujours dehors.

Le chauffage de jour de ces chambres n'a pour objet que de permettre aux hommes, qui rentrent de service après avoir été mouillés, de sécher leurs vêtements ou leurs chaussures, et à cet effet la cheminée ventilatrice est bien préférable aux poêles de fonte, parce qu'outre le chauffage direct et par rayonnement qu'elle fournit, elle a, dans ce cas, l'avantage de déterminer l'évacuation de l'humidité qui provient du séchage des vêtements, et qui rend alors le séjour des chambres si insalubre et si désagréable. Dans tous les cas, ce chauffage n'est que de peu de durée, et il n'y a pas lieu de compter sur ses effets pour assurer d'une manière régulière le renouvellement de l'air.

Si l'on se contente de la ventilation naturelle, il faut, d'après les observations faites par MM. les officiers du génie militaire à la caserne Bonaparte, à Paris, que les orifices d'évacuation et d'admission soient proportionnés ainsi qu'il suit :

	Évacuation.	Admission.
Surface des orifices et des conduits pour l'été, par lit..............	$0^{mq},02$	$0^{mq},04$

Pour les saisons d'hiver, de printemps et d'automne, ces proportions seraient surabondantes, et l'on se réservera les moyens de fermer une partie des orifices, de manière à restreindre la circulation de l'air dans des limites convenables. Mais la manœuvre des registres ou des clapets ne devrait jamais être laissée à la discrétion des soldats.

La nécessité d'éviter que, dans leur ignorance, les hommes ne cherchent à boucher les orifices d'évacuation, oblige dans ce cas à déroger à la règle générale qui prescrit de placer ceux-ci près des lits et du plancher, et l'on sera obligé de les disposer près du plafond, de même que ceux d'arrivée de l'air nouveau.

Les premiers seront ouverts au-dessus de l'intervalle des lits, et leurs conduits seront disposés près des tuyaux de fumée des cheminées, ou recevront ceux des poêles, si l'on en emploie. Les seconds, destinés à l'introduction de l'air nouveau, seront ménagés aussi près du plafond et dans la face du mur opposé.

Cette disposition présentera l'avantage que si, comme cela arrive souvent dans les ventilations dues à la seule action des températures naturelles, le mouvement change de sens, de façon que le conduit d'évacuation devienne conduit d'arrivée, il n'en résultera pas d'inconvénient pour les hommes qui, dans les deux cas, seront aussi éloignés que possible des orifices.

On complétera ces précautions en disposant aux orifices des directrices horizontales ou inclinées, qui obligent l'air à suivre toujours pour y arriver ou pour en déboucher la direction horizontale ou à peu près.

Il n'y aura d'ailleurs pas à craindre que l'air affluent se dirige immédiatement vers les orifices d'évacuation avant d'avoir circulé dans les salles; la différence des températures intérieures et extérieures suffira toujours pour produire des mouvements de circulation.

81. *Utilisation de la chaleur perdue par les fourneaux de*

cuisine. — Dans la plupart des casernes, les cuisines des compagnies qui occupent une même partie des bâtiments desservis par un seul escalier, et souvent aussi toutes celles qui sont nécessaires pour un même pavillon, sont réunies au rez-de-chaussée dans une salle unique affectée à ce service. Là des fourneaux distincts servent à la préparation des aliments de chaque compagnie, escadron ou batterie. A proximité de ces fourneaux activement chauffés deux fois par jour, ou dans leurs cheminées même, il serait très-facile et peu dispendieux d'établir des récipients d'eau chaude sous forme de cylindre à double enveloppe, de bouteilles, etc., comme les constructeurs de calorifères en emploient souvent, et d'où partiraient des tuyaux de circulation d'eau chaude qui s'élèveraient verticalement dans les conduits d'évacuation de l'air vicié des chambres, et assureraient ainsi, en tout temps et sans frais, le renouvellement de l'air.

L'on pourrait aussi, presque sans dépense, desservir des salles de bains, qui seraient d'une grande utilité aux infirmeries des corps de troupes.

La ventilation étant, comme on l'a dit, encore plus nécessaire dans les casernes la nuit, où tous les hommes d'une chambrée sont réunis, que le jour, où ils sont presque tous à l'extérieur, des registres dont le maniement ne devrait être fait que par ordre et sous le contrôle des adjudants de semaine, serviraient à restreindre ou à interrompre l'évacuation pendant le jour, pour accumuler la chaleur dans les conduits, afin de l'utiliser la nuit.

HOPITAUX.

82. *Dispositions générales et proportions à adopter pour la ventilation des hôpitaux.* — L'on ne se propose dans ce qui suit que de faire connaître les proportions des parties principales des passages et des conduits qu'il est nécessaire de ménager dans les salles d'hôpital que l'on veut ventiler

pour assurer facilement l'évacuation de l'air vicié et l'introduction de l'air nouveau.

Ces proportions s'appliquent d'ailleurs aux diverses dispositions que les conditions locales peuvent conduire les architectes à adopter.

Le volume d'air à extraire et à introduire dans les salles de malades pouvant, selon les circonstances, varier de 60 à plus de 100 mètres cubes par heure et par lit, on prendra pour base du calcul des proportions des appareils à établir celui de 80 mètres cubes par heure et par lit.

Lorsque les conditions locales le permettront, l'évacuation par appel de l'air vicié aura lieu, en général, de préférence par des conduits descendant, ouverts derrière la tête des lits, à hauteur du plancher, mais dans les parois verticales des murs et au nombre d'un au moins pour deux lits dans les hôpitaux ordinaires, et d'un par lit pour les hôpitaux d'accouchement.

Lorsque l'on emploiera pour mode de chauffage la circulation de l'eau chaude, et que les dispositions adoptées ainsi que le voisinage des cheminées d'appel le permettront, l'on cherchera à utiliser pour l'appel une partie de la chaleur des petits fourneaux et des réservoirs d'eau chaude nécessaire aux besoins courants.

Mais il ne faudrait pas que l'utilité de ces petits réservoirs, qui n'ont qu'une très-faible capacité, conduisît à adopter exclusivement, comme l'a fait L. Duvoir, l'appel par en haut, qui est moins avantageux.

83. *Avantage de l'appel par en bas.* — On rappellera que la disposition qui résultera de l'appel par en bas atténuera beaucoup l'affaiblissement occasionné dans les murs par le passage des conduits d'évacuation. Ainsi, pour un bâtiment ayant trois étages de salles comme ceux de l'hôpital Lariboisière, les trumeaux du second étage ne recevraient aucun conduit d'évacuation, puisque le leur propre partirait du plancher, ceux du premier étage ne seraient traversés que par un seul conduit venant du second étage, et ceux du

rez-de-chaussée ne seraient évidés que par les deux qui correspondraient au premier et au deuxième étage.

Les épaisseurs des murs étant plus grandes aux étages inférieurs, ces évidements seront toujours à proportion moins fâcheux dans le système de l'appel par en bas que dans celui de l'appel par en haut, qui oblige au contraire à établir le plus grand nombre de conduits dans les trumeaux des étages supérieurs, où les murs ont le moins d'épaisseur.

Cette considération est un motif de plus et qu'apprécieront les architectes pour préférer l'appel par en bas à celui qui se ferait par en haut.

Les figures 27 et 28 (pl. II), qui ne représentent que des indications d'ensemble, font voir avec évidence l'avantage que présente l'appel par en bas sur l'appel par en haut, au point de vue de l'affaiblissement que produisent dans les murs les passages des conduits d'évacuation de l'air. L'appel par en bas donne, d'ailleurs, comme on le sait, la facilité d'utiliser toute la hauteur de la cheminée générale d'évacuation, au bas de laquelle se rendent les conduits, pour donner à l'appel toute l'activité désirable. Il constitue un moyen plus économique d'utiliser la chaleur dépensée pour le produire.

Pour un bâtiment d'une construction analogue à celle de l'hôpital Lariboisière, dont les trumeaux ont au rez-de-chaussée $3^{m},05$ de largeur moyenne sur $0^{m},80$ d'épaisseur ou $2^{mq},44$ de section, si les deux conduits venaient du premier et du deuxième étage, en descendant vers les caves, ils exigeraient au plus dans les murs, en y comprenant les languettes de séparation et même le parement intérieur en briques de champ, une tranchée de $2 \times 0^{m},30 + 0^{m},05 = 0^{m},65$ de large sur $0^{m},22 + 0^{m},05 = 0^{m},27$ de profondeur ou en tout $0^{mq},1755$ de section; c'est-à-dire $\frac{1}{14}$ de la section totale du trumeau seul, ce qui ne peut avoir aucune influence sur la stabilité d'un édifice bien construit et bien ancré.

A l'inverse, si l'évacuation se faisait par en haut, les trumeaux du deuxième étage qui n'auraient que $3^{m},05 \times 0^{m},60 = 1^{mq},83$ de section, devraient être traversés par trois conduits exigeant une tranchée de $3 \times 0^{m},30 + 0^{m},10 = 1^{m}$ de large sur $0^{m},27$ de profondeur ou $0^{mq},27$ de section; ce qui équivaudrait à $\frac{1}{6,7}$ de celle de la maçonnerie. Cela ne serait pas encore inadmissible.

Dans le cas où les conduits d'introduction d'air nouveau devraient être aussi pratiqués dans les trumeaux, ce que l'on pourra éviter quelquefois dans les hôpitaux dont les salles n'auront qu'un nombre de 12 à 14 lits, l'on verrait encore que l'affaiblissement des murs par le passage de tous les conduits ne compromettrait pas la solidité de murs convenablement reliés entre eux et ancrés.

84. *Cas où les murs n'auraient pas une épaisseur suffisante.* — Lorsque la nature des matériaux employés ou des conditions locales ne permettent pas de donner aux murs des épaisseurs suffisantes pour y pratiquer ces passages avec sûreté, l'on pourra établir les gaînes d'évacuation et d'arrivée de l'air en saillie à l'intérieur des salles, en les construisant en maçonnerie légère de briques.

Alors, pour diminuer le moins possible la largeur disponible de ces salles et ne pas nuire à leur aspect, on restreindra l'épaisseur des gaînes, en leur faisant occuper à peu près toute la largeur extérieure des trumeaux.

85. *Emplacement des gaînes d'évacuation.* — On prendra les dispositions nécessaires pour que les gaînes ou conduits d'évacuation ne soient pas traversés par les poutres ou solives du plancher, ce qu'il sera facile d'éviter à l'aide de chevêtres.

S'il n'y a pas de caves sous les bâtiments, ce qui d'ailleurs n'est pas indispensable, l'on établira des arceaux assez grands pour donner les sections de passage nécessaire et ils seront à l'extrados recouverts, ainsi que le reste du sol du rez-de-chaussée, d'une aire de béton avec

enduit de bitume, pour préserver le rez-de-chaussée de l'humidité.

Si quelque difficulté s'opposait à ce que les conduits d'évacuation descendissent au-dessous du sol du rez-de-chaussée, on les terminerait à hauteur de ce sol. Ce n'est que dans des cas exceptionnels ou pour des bâtiments existants, offrant des obstacles particuliers, que l'on dirigerait ces conduits de bas en haut vers les étages supérieurs ou vers les combles.

Dans tous les cas, les conduits d'évacuation de l'air vicié correspondant à des lits placés aux différents étages les uns au-dessus des autres, resteront isolés dans leurs parcours vertical et ils ne seront réunis par groupe, dans des conduits collecteurs partiels et horizontaux, qu'après y être demeurés séparés par des languettes sur une étendue de trois à quatre mètres, au delà du débouché de ceux qui seront les plus voisins de la cheminée générale d'évacuation, afin de s'opposer, autant que possible, à l'établissement des communications d'un étage à un autre.

86. *Proportions des gaînes d'évacuation et des conduits collecteurs.* — On calculera la section à donner aux premiers conduits d'évacuation, en comptant sur l'extraction d'un volume d'air de 80 mètres cubes par heure ou de $\frac{80^{mc}}{3600} = 0^{mc},0222$ en une seconde par lit et sur une vitesse moyenne de passage de $0^{m},70$ en une seconde, ce qui conduit à leur donner $\frac{0^{mc},0222}{0^{m},70} = 0^{mq},0320$ de section par lit; et comme on peut admettre que, dans les hôpitaux ordinaires, il suffira d'un conduit pour deux lits, il devra avoir $0^{mq},064$ de section ou par exemple $0^{m},22$ de profondeur sur $0^{m},30$ de largeur.

Pour les hôpitaux de femmes en couches, le volume d'air à évacuer par lit étant de 100 mètres cubes par heure ou de $0^{mc},027$ par seconde, la section des premiers conduits sera de $0^{mq},040$.

Dans les premiers conduits collecteurs, qui réuniront les précédents par groupes, on admettra que la vitesse moyenne sera de 1 mètre à $1^m,20$ en une seconde et l'on calculera leur section d'après cette base et d'après le nombre de lits dont ils devront assurer l'assainissement.

Les seconds conduits collecteurs, s'il l'on en établit pour réunir tout l'air vicié évacué par les précédents, seront proportionnés en y supposant une vitesse moyenne de $1^m,40$ à $1^m,50$.

87. *Cheminée d'évacuation.* — Enfin dans la cheminée générale d'évacuation on admettra que la vitesse moyenne doit être d'environ $1^m,80$ et qu'à sa partie supérieure elle sera au moins de $2^m,00$ en une seconde, afin de la mettre à l'abri des bourrasques.

Au bas de la cheminée on établira une grille de fer entourée d'un rebord en briques et qui sera complétement isolée des parois, afin que l'air affluant des conduits collecteurs puisse en partie circuler autour et ne s'échauffer qu'à une température modérée mais suffisante.

Dans tous les cas, l'on devra ménager une entrée directe ouvrant à l'extérieur à la base de la cheminée et par laquelle le chauffeur viendra alimenter le feu. S'il était obligé de faire son service par les galeries d'évacuation, il courrait risque d'être asphyxié ou au moins fort incommodé.

La température intérieure moyenne de la cheminée doit en toute saison excéder d'une quantité constante, de 20 à 25°, en général, celle de l'air extérieur pour donner à l'appel et en tous temps la même énergie. Le feu du foyer d'appel devra être beaucoup plus énergique l'été que l'hiver.

Des dispositions analogues proportionnées d'après les mêmes bases seront prises dans le cas où la répartition adoptée pour les divers pavillons conduirait à n'établir qu'une seule cheminée d'évacuation pour un plus grand nombre de bâtiments.

Des moyens que l'on fera connaître plus tard pourront permettre de constater la régularité de marche du feu.

88. *Cas où l'on peut faire l'appel au niveau du plancher.* — Quand la disposition générale adoptée pour les bâtiments comprendra une galerie de promenade le long d'une des faces, l'appel pourrait être exercé à hauteur de chaque étage, et de manière à éviter l'ouverture d'aucun conduit vertical dans les murs, en plaçant, pour l'évacuation de l'air vicié, en un point de cette galerie, la cheminée d'évacuation, vers laquelle les conduits partiels seront dirigés en passant dans des entrevous disposés au plafond des corridors (pl. II, fig. 29).

Une pareille disposition permettrait d'utiliser, plus facilement que toute autre pour activer la ventilation, une partie de la chaleur des petits réservoirs d'eau chaude nécessaires au service et pour les bains, celle des fourneaux à cataplasmes, celle des tuyaux de fumée, des fourneaux de cuisine, etc.

Dans ce cas, chaque pavillon aurait sa cheminée générale d'évacuation menant à hauteur de chaque étage l'air vicié, qui en proviendrait, dans des gaînes spéciales isolées les unes des autres, jusqu'au-dessus de l'étage supérieur. Au bas de chacune des gaînes collectrices, on pourrait disposer un petit foyer auxiliaire d'appel, qui ne servirait que pour les cas où son action serait indispensable pour obtenir un appel assez énergique.

Il doit être d'ailleurs entendu que, dans tous les cas, la surface intérieure des gaînes devra être recouverte d'un enduit aussi bien lissé que possible, pour diminuer la résistance de ces parois au mouvement de l'air, et que des ouvertures ou regards y seront ménagés, pour permettre de les nettoyer au moins deux fois par an, afin d'enlever les toiles d'araignées et autres obstacles susceptibles de gêner la circulation de l'air.

En général, il serait convenable de faire surmonter la cheminée d'évacuation par un appareil à girouette, dont le vent

dirigerait le tuyau d'évacuation du côté d'aval, ce qui permettrait d'utiliser l'action des courants d'air les plus énergiques, au profit de l'appel qu'ils contrarieraient sans cette précaution.

Les proportions et les dispositions générales que l'on a indiquées, seront aussi observées lorsque l'on aura été obligé de faire l'appel de l'air vicié, soit au niveau des salles comme on l'a indiqué plus haut, soit par la partie supérieure des bâtiments, ainsi que cela peut arriver, surtout quand il s'agit de bâtiments existants.

Toutes les fois que les conditions locales le permettront, les tuyaux de fumée des appareils de chauffage seront dirigés dans la cheminée générale d'évacuation pour utiliser la chaleur abandonnée par leurs parois. Ils y seront isolés et seront en fonte.

89. *Utilisation de la chaleur perdue des buanderies et des cuisines.* — Les foyers de chaudières de la buanderie seront, s'il est possible, établis à la base même de cette cheminée, afin d'utiliser au profit de la ventilation la chaleur acquise dans ces foyers par les gaz produits de la combustion.

90. *Application des règles précédentes.* — Supposons qu'il s'agisse d'un hôpital de 100 lits répartis dans deux pavillons auxquels l'on ne donnerait qu'une même cheminée d'évacuation, qu'il y ait deux étages contenant ensemble 50 lits par pavillon, distribués dans quatre salles de 12 lits et deux chambres à un lit.

Dans cette hypothèse, chaque salle contiendrait six lits sur chaque face, et il y aurait trois conduits d'évacuation de $0^{mq},064$ de section ou de $0^{m},22$ sur $0^{m},30$ intérieurement.

Ces conduits verticaux descendront au-dessous du sol du rez-de-chaussée, et se réuniront deux à deux au nombre de six, dans de premiers collecteurs horizontaux, destinés à livrer passage à l'air appelé par les premiers, et qui chacun devront évacuer $12 \times 0^{mc},222 = 0^{mc},266$ en une seconde, à la vitesse de $1^{m},00$ en une seconde. Ils auront donc une section de $0^{mq},266$ ou $0^{m},52$ sur $0^{m},52$, par exemple.

L'un de ces conduits, qui évacuerait en outre l'air des deux chambres à un lit, ou $14 \times 0^{mc},0222 = 0^{mc},31$, devrait avoir $0^{mq},31$ de section ou $0^{m},52$ sur $0^{m},60$.

Si ces conduits n'arrivent pas directement à la base de la cheminée, et si les dispositions générales adoptées obligent à réunir les premiers collecteurs de chaque pavillon dans un deuxième collecteur, on aura pour le volume d'air auquel celui-ci devrait donner passage $50 \times 0^{mc},0222 = 1^{mc},11$, avec une vitesse de $1^{m},40$. Sa section transversale sera alors égale à $\frac{1^{mc},11}{1^{m},40} = 0^{mq},77$ ou $0^{mq},80$ et pourra avoir $0^{m},90$ sur $0^{m},90$.

Si la cheminée générale doit évacuer l'air vicié des deux pavillons, ou pour 100 lits 8000^{mc} par heure ou $2^{mc},222$ en une seconde, à la vitesse moyenne de $1^{m},80$ en 1 seconde, sa section sera égale à $\frac{2^{mc},222}{1^{m},80} = 1^{mq},24$, et son diamètre moyen sera $1^{m},255$. Celui du sommet sera réduit à $1^{m},19$ pour y obtenir la vitesse de $2^{m},00$ en une seconde.

91. *Introduction de l'air nouveau.* — Les orifices d'introduction de l'air nouveau chaud ou frais, seront toujours pratiqués près du plafond, et répartis aussi uniformément que possible dans toute l'étendue des salles, à raison d'un pour deux lits, s'il se peut, ou d'un au moins pour quatre lits.

Quand ils seront ouverts dans les parois verticales des murs, ils seront munis de cloisons directrices, en forme de jalousies inclinées à 20 ou 25° à l'horizon, de bas en haut, afin de faire affluer l'air dans ce sens vers le plafond.

La section transversale des conduits verticaux ou autres sera calculée de manière que l'air les parcoure avec une vitesse qui n'excède pas 1^{m} à $1^{m},20$. Celle des passages immédiats d'affluence de l'air dans les salles sera déterminée par la condition que la vitesse dirigée vers le plafond n'atteigne aussi que 1^{m} à $1^{m},20$ en une seconde.

Dans le cas où l'air affluerait de haut en bas dans le sens vertical, par des ouvertures ménagées dans le plafond même,

ce qui peut arriver si l'on emploie des doubles planchers ou quand on aura un grenier servant de chambre à air, la somme des sections libres de passages par les orifices devra être calculée par la condition que la vitesse n'excède pas 0m,50 à 0m,60 en une seconde.

Lorsque l'on se servira pour le chauffage de calorifères ordinaires, l'air chaud qu'ils fourniront devra être introduit avant son entrée dans les salles, dans une chambre de mélange, où l'on pourra faire arriver de l'air extérieur, en proportion convenable, pour modérer, selon les besoins, la température de l'air à fournir aux salles.

Pour assurer le mélange de l'air extérieur avec l'air chaud fourni par l'appareil de chauffage, il convient de diriger l'air frais au moyen de languettes plus ou moins longues, selon les cas, au-dessus du courant d'air chaud. Il arrive alors que le premier, plus dense que le second, tendant à s'abaisser, tandis que le second, plus léger, s'élève, le mélange se produit nécessairement.

Cette disposition s'appliquerait aussi bien à des orifices isolés et directs d'accès de l'air chaud et de l'air frais dans les salles qu'à ceux d'affluence dans les chambres de mélange. Ces languettes devront être faites en briques, posées à plat et avoir au moins 0m,05 d'épaisseur.

Dans la saison du chauffage, la température de l'air affluent devrait, pour une ventilation salubre, différer aussi peu que possible de celle que l'on veut maintenir dans les salles, et qui doit être habituellement de 15 à 16°.

Ces chambres de mélange pourront être formées soit par des entrevous pratiqués au-dessus des calorifères, soit dans des corridors ou des pièces de petites dimensions.

Des registres seront disposés dans les chambres de mélange, pour permettre de faire varier à volonté et selon les besoins, la température de l'air qu'elles fournissent.

Des dispositions analogues seront prises lorsqu'on emploiera des appareils de chauffage, par l'eau chaude ou par la vapeur.

Si l'hôpital est convenablement isolé et situé dans une position salubre, les prises d'air extérieur pourront être faites, soit à fleur de sol, au milieu de pelouses de verdure ou de jardins, comme à Vincennes et à l'hôpital d'accouchement de Saint-Pétersbourg; soit à hauteur des divers étages.

L'on ne devra recourir aux cheminées d'appel descendant pour prendre l'air à une certaine hauteur, que dans les cas où la proximité de bâtiments plus ou moins insalubres donnerait lieu de craindre l'infection de l'air à la surface du sol.

L'on aura soin alors de placer la cheminée de prise d'air aussi loin que possible de celle d'évacuation générale. La section de cette cheminée et, en général, celle de tous les orifices extérieurs de prise d'air, sera calculée de façon que la vitesse d'introduction n'y excède pas $0^m,60$ en une seconde, afin que l'appel qu'elle excercera dans son voisinage ne s'étende qu'à une petite distance.

Les conduits d'arrivée de l'air pris ainsi à une certaine hauteur, devront être munis de registres ou de portes qui permettent de les fermer, si cela est nécessaire.

Pour la saison d'été, où l'action de l'appel sur l'introduction de l'air n'est plus favorisée par l'élévation de température que le chauffage communique à l'air nouveau, l'on devra ménager dans les murs des bâtiments des orifices auxiliaires disposés comme les précédents, et particulièrement ouverts sur les faces exposées au nord ou au levant, et munis de moyens de fermeture intérieure à ressorts de rappel, qui permettent de les ouvrir ou de les clore à volonté. L'air ainsi introduit pouvant, pendant la nuit, être trop frais, il importe que sa vitesse d'arrivée soit dirigée de bas en haut vers le plafond, et de $0^m,60$ en une seconde environ, afin qu'elle s'éteigne rapidement avant qu'il n'arrive aux orifices d'évacuation. Cette disposition est préférable à celle des fenêtres anglaises.

La manœuvre de tous les registres sera disposée de ma-

nière qu'elle ne soit qu'à la disposition exclusive des agents préposés au service.

Lorsqu'un dispositif quelconque de ventilation par appel aura été établi, l'on constatera par des expériences spéciales faciles à faire dans la cheminée générale d'évacuation, ou, si l'on veut, dans les conduits partiels, si le volume d'air prescrit est réellement évacué, et quel est l'excès correspondant de la température dans cette cheminée sur la température de l'air extérieur, et si pour cet excès, qui, en général, différera peu, comme on l'a dit plus haut, de 20 à 25°, l'on a obtenu la ventilation voulue, on prescrira de régler le chauffage de la cheminée de façon qu'en tous temps sa température dépasse de la même quantité celle de l'air extérieur.

L'on fera connaître plus tard des moyens de contrôle qui faciliteront à cet effet la surveillance de MM. les directeurs d'hôpitaux.

92. *Dispositions pour la ventilation d'été.* — Lorsque les salles de l'hôpital seront chauffées à la fois par des calorifères généraux et par des cheminées pour lesquelles on devra préférer la disposition des cheminées ventilatrices décrites au n° 13, qui détermineront à la fois l'évacuation de l'air vicié et la rentrée d'une proportion assez considérable d'air nouveau, convenablement chauffé, l'on devra, à leurs orifices d'introduction, en ajouter d'autres assez nombreux et disposés comme on l'a dit pour la ventilation d'été.

Les cages des escaliers, les antichambres et autres pièces donnant accès dans les salles, devront être chauffées à une température qui, pour ces dernières surtout, devra être au moins égale à celle des salles. L'on atténuera ainsi l'effet des rentrées d'air produit par ces ouvertures sous l'action de l'aspiration. Il serait donc convenable d'établir des calorifères généraux pour ces locaux, même quand on se servirait de cheminées à l'intérieur des salles.

93. *Emploi de la chaleur des appareils d'éclairage.* — Dans

les hôpitaux éclairés au gaz, il sera bon d'utiliser la chaleur développée par les becs employés pour activer l'appel. On y trouvera le double avantage de rendre la ventilation plus énergique, et de rejeter au dehors les produits insalubres de la combustion. On appliquera particulièrement ce qui précède aux cabinets d'aisances, qui devront avoir de doubles portes fermant de dehors en dedans, dans le sens de l'appel.

Les cuisines et les lieux d'aisances des hôpitaux devront être isolés des salles, et ventilés par aspiration d'une manière énergique, par des moyens analogues à ceux que l'on indiquera pour ces locaux.

94. *Dispositions à prendre en cas d'encombrement ou d'épidémie.* — Lorsque l'appel sera déterminé par une circulation d'eau chaude ou de vapeur, dont l'énergie ne peut être augmentée beaucoup au delà de la marche normale, comme celle des foyers ordinaires, il sera prudent de disposer dans la cheminée générale d'appel des becs de gaz, que l'on n'allumerait que dans le cas d'un encombrement momentané où la crainte d'influences épidémiques le rendrait nécessaire.

On calculerait alors le nombre de becs et leur consommation, d'après la proportion approximative de 500^{mc} d'air évacué par mètre cube de gaz brûlé.

Ce moyen auxiliaire n'est pàs économique, et ne doit être employé que dans des circonstances exceptionnelles.

HOSPICES.

95. Ces asiles, plutôt destinés à la vieillesse qu'à des aliénés, qu'à des malades, n'exigent pas pour la salubrité, une ventilation aussi énergique que les hôpitaux.

Un renouvellement d'air de 30 mètres cubes par heure et par individu pour le jour, et de 40 mètres cubes pour la nuit, sera suffisant.

On adoptera du reste des dispositions et des proportions

analogues à celles qui viennent d'être détaillées pour les hôpitaux.

Pour le chauffage pendant la saison d'hiver, on pourra, si les salles ne sont pas très-grandes, employer des cheminées ventilatrices qui assureront en même temps le renouvellement de l'air. Mais pour les saisons de printemps, d'été et d'automne, il n'en faudra pas moins recourir, pour l'évacuation de l'air vicié, à l'emploi d'une cheminée d'appel et aux dispositions précédentes.

ÉGLISES.

96. La grande capacité des églises, l'ouverture incessante des portes, l'étendue des fenêtres en vitraux, toujours assez mal closes, les ouvertures pratiquées dans les voûtes pour la suspension des lustres ou des draperies, pour le mouvement des cloches, paraissent, en général, rendre superflue l'adoption de dispositions spéciales pour l'admission et l'évacuation de l'air, et réduire pour l'hiver la question à celle du chauffage.

Pour les églises des grandes villes fréquentées à plusieurs heures de la journée, il paraît économique de maintenir le chauffage en activité avec continuité de jour et de nuit.

L'on peut y employer les calorifères à air chaud avec chambre de mélange d'air froid, ou les calorifères à circulation d'eau chaude. Les premiers conviennent plus particulièrement aux petites églises, où un seul, convenablement placé vers le milieu de leur longueur, suffirait. Les seconds, qui conduisent la chaleur et l'air chaud à de grandes distances, et donnent d'ailleurs un chauffage plus stable, doivent être préférés pour les grandes églises. Ils ont de plus l'avantage de se combiner facilement avec la ventilation de certaines dépendances, telles que les salles de catéchisme où l'air est si habituellement vicié, par la présence de nombreux enfants.

Ce qu'il importe le plus de chauffer dans les églises, c'est

le sol lui-même. A cet effet, il serait convenable de ramifier beaucoup les conduits de circulation de l'air chaud sous ce sol, en limitant le nombre des orifices d'introduction. Cette disposition est analogue à celle dont on retrouve des traces dans les constructions romaines.

Les prises pour l'air que les calorifères doivent échauffer le puiseront à l'extérieur. Des galeries longitudinales en nombre suffisant, disposées dans les allées et dans les passages, répartiront l'air chaud par des orifices nombreux et débouchant dans les parois verticales des murs ou de la base des piliers, un peu au-dessus du sol, et non à fleur de ce sol comme on le fait, à tort, le plus souvent.

Pendant la saison d'été, l'intérieur des églises fortement échauffé le jour par l'action du soleil sur les voûtes, et à travers de larges baies vitrées, est souvent d'un séjour pénible, surtout dans la matinée. Il serait facile d'éviter cet inconvénient en disposant un grand nombre de fenêtres que l'on ouvrirait la nuit, pour laisser pénétrer l'air frais, et que l'on fermerait le matin. L'intérieur ainsi rafraîchi pendant la nuit, s'échaufferait moins le jour.

Ces précautions fort négligées en France, où la chaleur n'est incommode que rarement en été, sont prises avec régularité à Rome, où elle dure longtemps. Un règlement de service prescrit aux gardiens de l'église Saint-Pierre d'ouvrir tous les soirs d'été et de fermer tous les matins les fenêtres des galeries supérieures.

Ce qui précède ne se rapporte qu'aux églises ordinaires, mais quand il s'agit de chapelles ou d'églises souterraines dont la hauteur intérieure est assez limitée, et qui sont souvent occupées par une foule nombreuse de fidèles et abondamment éclairées, il devient nécessaire d'y assurer le renouvellement de l'air et l'évacuation des gaz chauds produits par les appareils d'éclairage. On imitera alors les dispositions indiquées au n° 64, pour les écoles de dessin ouvertes le soir, en déterminant le renouvellement de l'air au moins cinq à six fois par heure.

Dans les églises où de grandes cérémonies exigent l'emploi d'amples tentures, interceptant la circulation de l'air, et dans lesquelles un éclairage splendide occasionnent parfois une élévation extraordinaire de la température[1], il est très-important que la construction permette d'ouvrir, dans les parties supérieures ou latérales, des orifices aussi nombreux que possible, pour laisser affluer l'air extérieur avec une vitesse qui sera d'autant plus faible que ces ouvertures seront plus multipliées et plus uniformément réparties. On évitera ainsi en même temps les courants d'air parfois intolérables qui se produisent par les portes et l'élévation de la température.

Dans l'hiver, au moment du dégel, après des froids assez vifs, et surtout dans les pays du Nord, il se produit sur les murs et en particulier sur les voûtes, des condensations de vapeur, qui déterminent parfois une sorte de pluie et qui altèrent les peintures. En pareil cas, il serait utile de faire affluer directement vers les parties supérieures de ces édifices, à la naissance des voûtes, de l'air chaud fourni par les calorifères à 60 ou 80° environ, pour maintenir en dissolution la vapeur d'eau fournie par les personnes qui occupent les parties inférieures de l'église, et l'entraîner à l'extérieur.

GARES DE CHEMINS DE FER.

97. Comme exemple des circonstances où il convient de s'écarter des règles générales posées précédemment, nous indiquerons encore les dispositions à prendre pour les gares des chemins de fer, pour certains marchés, pour les grands édifices, tels que ceux des expositions, etc.

Ces immenses locaux, couverts la plupart du temps par des vitrages qui ne laissent souvent qu'un passage beaucoup trop restreint à la fumée des machines, à la vapeur et

1. Dans une grande cérémonie de funérailles à Notre-Dame de Paris, la chaleur a été telle, que les cierges se sont ramollis.

l'été à l'air échauffé, deviennent à certains moments des séjours intolérables pour un personnel activement occupé. L'une des extrémités en est presque toujours complétement fermée par un pignon formant façade, l'autre n'est ouverte le plus souvent qu'à la hauteur nécessaire pour le passage des locomotives; les longs côtés occupés au rez-de-chaussée par les dépendances, au premier étage et au second par des bureaux ne permettent pas l'accès de l'air, et dans la saison des chaleurs, la température s'y élève près du sol à 40, 45 et même à 50°, comme cela a été constaté aux gares de Lyon, de l'Est et de Strasbourg.

Pour remédier à cet état de choses, il faut surélever les lanternes vitrées qui surmontent la charpente, attendu que, non-seulement ces lanternes vitrées qui servent à l'éclairage de ces vastes locaux sont trop basses, mais que l'hiver elles occasionnent le refroidissement des fumées et la condensation partielle des vapeurs dégagées par les machines, ce qui nuit à l'évacuation de celles-ci.

Au lieu de placer les vitrages destinés à l'éclairage au faîte des toitures, il me paraîtrait préférable de les disposer sur les longs pans en leur donnant, comme actuellement, une superficie égale à $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{3}$ de la surface totale.

La lanterne d'évacuation serait formée par deux parois verticales, pleines, en tôle, ayant environ trois mètres de hauteur, et laissant entre elles un passage régnant dans toute la longueur du faîte et dont la largeur serait calculée par la condition que l'air de la gare soit renouvelé deux à trois fois au moins par heure et en partant de cette donnée que la chaleur du soleil, en été, peut suffire pour déterminer dans une cheminée en tôle de 3 mètres de hauteur une vitesse de $0^m,50$ à $0^m,60$ en une seconde.

Pour remplacer régulièrement l'air évacué, sans que des courants gênants se développent aux ouvertures extrêmes de la gare, il faut multiplier les orifices d'admission, et les répartir aussi uniformément que possible dans toute l'étendue des gares et ménager aussi aux deux pignons de larges

ouvertures. L'ensemble de ces orifices d'admission doit avoir une surface telle qu'avec une vitesse de $0^m,40$ à $0^m,50$ au plus en une seconde, il puisse entrer dans la gare, en une heure, un volume d'air double ou triple de sa capacité cubique.

98. *Arrosage des toitures.* — Outre les dispositions précédentes, convenables pour toutes les saisons, il serait utile d'ajouter, au moment des grandes chaleurs, un arrosage continu des toitures commençant à partir de 7 heures à 8 heures du matin et durant jusqu'à 5 heures du soir, à raison d'environ $1^{mc},32$ d'eau par heure et par 100 mètres carrés de toiture.

Cet arrosage, qui suffirait pour empêcher l'échauffement de la toiture par l'action des rayons solaires, joint à l'aération continue, maintiendrait la température dans des limites convenables, pendant la saison des chaleurs.

99. Exemple. — La gare d'Orléans a 106 mètres de longueur, 8 mètres de largeur, 8 mètres de hauteur sous intrait, et $13^m,5$ sous faîte. Sa capacité est d'environ 32 000 mètres cubes. Pour y renouveler l'air trois fois par heure, il faudrait en extraire $\frac{3 \times 32\,000}{3\,600} = 26^{mc},66$ en une seconde. La vitesse d'évacuation que la chaleur solaire peut produire n'étant estimée qu'à $0^m,50$ en une seconde, la section de passage à établir devrait être de $53^{mq},32$ et si on ménage les conduits d'évacuation sur toute la longueur du faîte, qui est d'environ 100 mètres, il suffirait qu'ils eussent $0^m,53$ de largeur. Mais la partie où il se développe le plus de vapeur et de fumée étant ordinairement voisine du côté du départ, au lieu de disposer les conduits d'évacuation sur toute la longueur de la gare, il sera préférable de les fractionner en leur donnant plus de largeur et moins de longueur, de manière à obtenir la même section d'écoulement.

COURS ET MARCHÉS COUVERTS.

100. — Des dispositions analogues devraient être prises pour toutes les cours et pour tous les marchés couverts.

Dans ces derniers, dont les baies sont le plus souvent garnies de persiennes, l'introduction de l'air se fait généralement avec une grande facilité, et c'est surtout de l'évacuation qu'il convient de s'occuper.

TOITURES ET PLAFONDS VITRÉS.

101. *Influence des toitures et des plafonds vitrés pendant l'hiver.* — Si, dans la saison d'été, les toitures vitrées des gares et des cours couvertes présentent l'inconvénient de produire un échauffement qu'il est nécessaire de combattre, elles offrent pendant l'hiver, un défaut contraire qui a souvent des résultats très-désagréables.

La conductibilité des verres minces détermine alors un refroidissement considérable des couches d'air intérieures, qui touchent ces vitrages ; cet air devenu plus dense que celui qui est en dessous descend, et est incessamment remplacé par d'autre, qui se refroidit également et par ce mouvement continu, les salles, ainsi couvertes, deviennent très-difficiles à chauffer.

A ces inconvénients se joint celui du mouvement de l'air froid, qui se dirige naturellement vers les cheminées ou vers les orifices d'évacuation, s'il y en a, de sorte qu'on ressent un courant descendant d'air froid d'autant plus incommode qu'on est plus près de ces cheminées ou de ces orifices.

Si la toiture vitrée est simple et présente, ce qui est alors à peu près inévitable, des joints par lesquels l'air extérieur, encore plus froid que celui qui touche les parois intérieures, pénètre dans la salle, les effets dont on vient de parler deviennent plus sensibles et plus désagréables. Il y a d'ail-

leurs en outre à craindre l'inconvénient fréquent de l'introduction de l'eau en temps de pluie.

Il faut donc, dans les lieux habités, lorsque l'on a recours à de semblables dispositions pour l'éclairage, établir d'abord, en dessous de la toiture, un plafond vitré offrant le moins de joints qu'il sera possible, puis dans le grenier, ainsi formé et limité en dessus et en dessous, installer, pour la saison d'hiver, des moyens de chauffage, qui s'opposent au refroidissement du plafond, afin d'éviter les mouvements d'air froid qu'on vient de signaler.

102. *Observations de jour et du soir au château de Ferrières.* — L'exemple le plus frappant que j'aie eu l'occasion d'observer de ces effets, est offert par le vaste salon du château de Ferrières et il m'a fourni quelques données qui permettent d'apprécier les quantités de chaleur, que de semblables vitrages peuvent laisser passer, et par suite de déterminer approximativement les moyens de chauffage à employer pour combattre le refroidissement.

Le salon central du château de Ferrières, nommé le Hall, a $22^{m},70$ de longueur sur $12^{m},30$ de largeur ou $279^{mq},25$ de superficie. Il est complétement entouré par d'autres salons, par des corridors, par des vestibules et autres dépendances. A l'aide de calorifères généraux, tous les locaux sont convenablement chauffés ainsi que le salon, qui n'a point de fenêtres dans ses murs, et qui est éclairé par un plafond vitré de $151^{mq},89$ de superficie, recouvert par un toit également vitré, en sept travées, ayant ensemble $228^{mq},48$ de surface refroidissante.

Une large cheminée monumentale placée sur l'un des longs côtés du salon complète son système de chauffage.

Lorsque l'hiver, pendant le jour, le grenier vitré n'est pas chauffé, les effets indiqués plus haut se manifestent de la manière la plus incommode. L'appel d'air considérable produit par la cheminée, y détermine l'affluence de l'air refroidi au contact du plafond, et le voisinage de cette chemi-

née, auprès de laquelle on est naturellement attiré par un feu brillant, devient intolérable.

Le soir, l'éclairage général du salon est produit à travers le plafond par l'allumage de 1000 becs de gaz, consommant ensemble 100 mètres cubes de gaz par heure, ce qui correspond à 34 becs de gaz par mètre carré de plancher du salon. La chaleur développée par cette abondante combustion suffit alors et au delà, pour empêcher le refroidissement de l'air du salon, et les effets qu'on vient de signaler sont annulés.

Pour obtenir, au moins dans une certaine proportion, le même résultat pendant le jour, l'on a été obligé d'installer dans le grenier vitré quatre poêles en fonte, dans lesquels on brûle du coke, et qui doivent y maintenir une température supérieure à celle du salon.

Des observations faites sur les consommations de coke pendant le jour et de gaz dans les soirées, ainsi que sur les températures intérieure et extérieure, permettent d'établir, approximativement au moins, le calcul des quantités de chaleur à développer dans l'espace compris entre la toiture et le plafond vitré pour éviter l'inconvénient du refroidissement.

A cet effet, en nommant :

C le nombre d'unités de chaleur ou de calories qui peuvent passer par heure à travers un vitrage de surface S;

T la température de l'air du côté le plus chaud;

T' celle de l'air du côté le plus froid;

K un coefficient constant représentant le nombre d'unités de chaleur qui peuvent passer par un mètre carré de surface vitrée et par degré de différence de température entre les deux faces,

on peut exprimer la quantité de chaleur qui passe par heure à travers une toiture ou un plafond vitré par la formule

$$C = KS(T - T').$$

Les praticiens n'admettent pour le coefficient K que la valeur $K = 3$, tandis que les données recueillies à Ferrières portent à penser que, pour une couverture double en verre, c'est-à-dire avec toiture et plafond, il convient de faire $K = 15$, et pour une toiture simple, $K = 20$; attendu que dans ce dernier cas il peut pénétrer à l'intérieur de l'air froid par les joints du vitrage.

D'après ces valeurs, en admettant que la surface développée S' du toit soit 1,50 fois celle S du plafond vitré, l'on pourrait calculer la quantité de charbon à brûler dans les temps les plus froids de la manière suivante :

Soient : $S = 100^{mq}$, $S' = 150^{mq}$;

La température extérieure, — 10°;
La température intérieure à maintenir au grenier, 45°,
La température intérieure du salon, 15°;

La chaleur perdue par le toit sera

$$C^{cal} = 15 \times 150^{o}(45 + 10) = 123750^{cal}$$

La chaleur transmise dans le salon.... $C = 15 \times 100\,(45 - 15) = 45000$

Chaleur totale à développer dans le grenier vitré double........................ 168750^{cal}

En admettant que les poêles à coke employés utilisent, ce qui est à peu près exact en pareil cas, les 0,90 de la chaleur développée par le combustible et que le kilogramme de coke dégage 7000 unités de chaleur, il faudrait brûler par heure $\frac{168750}{0,90 \times 7000} = 26^{kil},80$ de coke par heure pour empêcher, dans ces conditions à peu près extrêmes de froid à Paris, le vitrage de refroidir le salon au delà de 15°.

Quant aux soirées, l'éclairage exigeant environ trois à quatre becs brûlant chacun $0^{mc},100$ de gaz par heure par mètre carré du salon, la chaleur développée sera toujours

plus que suffisante pour empêcher le refroidissement de l'intérieur.

Les chiffres précédents expliquent comment la plupart des constructeurs d'appareils de chauffage qui ont entrepris de chauffer des salons ou des cours vitrées, n'y ont que très-imparfaitement réussi.

HABITATIONS PRIVÉES.

103. Parmi les dépendances des habitations privées qui occasionnent le plus souvent un développement d'odeurs désagréables, on doit placer au premier rang les petites cours intérieures, les cuisines et les lieux d'aisances. Il arrive très-fréquemment que, par suite de l'appel qu'exercent les cheminées des pièces voisines de ces dépendances, il se produit à certaines heures, dans l'intérieur des appartements, des introductions d'air plus ou moins infect.

Pour éviter ces inconvénients graves, il faut parvenir, à l'aide de dispositions convenables et d'ailleurs assez simples, à déterminer, d'une manière régulière et à peu près constante, un mouvement d'air allant des appartements ou des couloirs vers l'intérieur de ces locaux, et une évacuation de ceux-ci vers l'extérieur. On peut y réussir de diverses manières.

104. *Cours intérieures des maisons d'habitation.* — Il y a souvent, à Paris surtout, dans les maisons à loyer, de petites cours intérieures, qui sont des dépendances des magasins du rez-de-chaussée, et qui présentent pour la salubrité des étages supérieurs des inconvénients graves. Les boucheries, les restaurants, les charcuteries, les teintureries, les pharmacies, les parfumeries, etc., etc., y développent des odeurs désagréables ou nuisibles qui, en montant, incommodent les autres habitants de la maison, et déprécient l'immeuble.

L'on peut remédier facilement à ces inconvénients, de la manière suivante:

La cour sera couverte d'une toiture vitrée, en partie ou en totalité, et formée par un seul plan incliné, établi entre le rez-de-chaussée et l'étage au-dessus. Dans un angle et à la partie supérieure de cette toiture, on construira une cheminée montant jusqu'au-dessus de la corniche supérieure, et dont la section sera calculée de manière qu'à la vitesse d'un mètre environ en une seconde, l'air de la cour soit renouvelé une ou mieux deux fois par heure.

Vers la partie inférieure de cette cheminée, on établira un bec de gaz, brûlant seulement $0^{mc},100$ par heure. La vitesse étant assez faible et la cheminée haute, l'on pourra faire évacuer par cette cheminée environ 1800 à 2000 mètres cubes d'air par mètre cube de gaz brûlé, et obtenir ainsi un assainissement régulier de ces cours.

Lorsque les dispositions locales s'y prêteront, il suffira de diriger un tuyau de fumée dans cette cheminée, ou d'y allumer un petit poêle à coke, pour y produire le tirage.

105. *Cuisines.* — Lorsque l'on emploiera des fourneaux à circulation de fumée, comme ceux que l'on établit aujourd'hui généralement, il serait facile lors de leur installation de disposer, à partir du foyer, des tuyaux de circulation d'eau qui, développés sur une certaine étendue dans la cheminée et revenant au foyer, comme dans les chauffages à l'eau chaude, détermineraient un appel suffisant.

106. *Emploi des becs de gaz pour la ventilation des cuisines.* — Dans les cuisines éclairées au gaz, lorsque les fourneaux sont déjà établis à la manière ordinaire, l'allumage au bas de la cheminée et près de son tuyau de fumée, d'un ou de deux becs de gaz, que l'on ferait brûler seulement pendant le temps de la préparation des aliments, serait, pour la plupart des cas, suffisant pour produire un appel susceptible d'enlever toutes les odeurs.

EXEMPLE. Une cuisine d'appartement, à Paris, a déjà des dimensions relativement grandes, quand avec 3 mètres de largeur, 4 mètres de longueur et $3^{m},50$ de hauteur, elle offre une capacité totale de 42 mètres cubes.

Or, il résulte d'expériences directes, qu'avec l'aide d'un seul bec de gaz, brûlant $0^{mc},040$ par heure, et allumé seulement pendant les heures de la préparation des repas, c'est-à-dire au plus six heures par jour, on pourrait déterminer par heure, avec des conduits en tôle de $0^{m},24$ de diamètre et des

hauteurs de	$16^{m},00$	$12^{m},00$	$10^{m},00$	$8^{m},00$
l'évacuation de	$50^{mc},40$	$41^{m},76$	$39^{mc},84$	$35^{mc},60$

qui, joints à la ventilation naturelle que produit la chaleur des foyers, suffirait largement pour renouveler plus d'une fois par heure l'air d'une semblable cuisine.

La dépense, pour un séjour de toute l'année, à raison de six heures d'allumage par jour, d'un petit bec de gaz consommant $0^{mc},040$ par heure, serait de $0^{mc},24$ de gaz par jour ou de $87^{mc},60$ par an qui, à raison de $0^{f},30$ par mètre cube, coûteraient $26^{f},28$; dépense bien modique pour éviter un désagrément nauséabond subi deux fois par jour.

On doit ajouter que les résultats précédents sont relatifs à des tuyaux en métal établis à l'extérieur et exposés au refroidissement, tandis qu'en général, les tuyaux de ventilation analogues peuvent et doivent être construits en poterie et logés dans les épaisseurs des murs ou dans l'intérieur des bâtiments, ce qui, en les exposant moins au refroidissement, tend à augmenter l'effet obtenu. S'il s'agissait de grandes cuisines ayant de larges hottes, et dont les fourneaux fonctionneraient avec activité et plus longtemps, l'établissement d'une grille au bas du tuyau de fumée et vers le sommet de la hotte, alimentée avec de la houille, serait plus économique, et constituerait d'ailleurs dans les habitations de campagne, le moyen le plus simple et le plus direct.

107. *Utilisation de la chaleur perdue des fourneaux de cuisine pour la ventilation et pour un service de bains.* — Outre l'avantage d'assurer le renouvellement de l'air et l'évacuation des mauvaises odeurs dans la cuisine, la circulation

et les récipients d'eau chaude dont on a parlé au n° 105, permettent d'établir auprès des cuisines un service de bains toujours prêt à fonctionner et qui pourrait être réalisé avec succès, comme on l'a dit au n° 81, dans les casernes ainsi que dans tous les établissements appelés fourneaux économiques, où l'on prépare pour les pauvres des aliments qu'on distribue gratuitement ou à prix réduits. L'addition d'un service de bains à ces utiles établissements pourrait ainsi être faite à très-peu de frais.

Une disposition de ce genre est adoptée avec succès dans la nouvelle maison d'accouchement établie par l'administration de l'Assistance publique, rue du Faubourg Saint-Jacques, pour utiliser la chaleur perdue des fourneaux à cataplasmes.

108. L'on peut aussi obtenir le chauffage des bains à l'aide des fourneaux de cuisine ordinaires à circulation d'air chaud, sans recourir à l'emploi de la circulation de l'eau chaude, ou ce qui vaut mieux, en combinant les deux moyens d'utiliser la chaleur perdue par ces fourneaux pendant le temps de la préparation des repas.

Une disposition du premier genre a été établie dans plusieurs maisons de Paris, par MM. Geneste et Cie, entrepreneurs de chauffage et de ventilation, et entre autres rue de Tracktir, n° 8, par les soins et sur les indications de M. Joly, propriétaire. M. L. Duvoir, MM. Bouillon, Muller et Cie, en ont installé d'autres à l'aide de la circulation d'eau chaude.

109. *Lieux d'aisances.*— Les dispositions à prendre pour éviter l'infection que produisent souvent ces dépendances des habitations varient avec le mode de construction adopté et de la destination des bâtiments.

Les règlements de voirie imposent pour la construction des fosses les règles suivantes:

Les tuyaux de descente doivent être immergés par leur partie inférieure, soit dans les matières de la fosse, soit mieux dans une cuvette en cuivre mobile ou fixe, dans

laquelle il est utile, quand on le peut, de faire arriver, de temps à autre, de l'eau pour la laver. Il résulte de ces dispositions que les seuls gaz qui puissent remonter par ces tuyaux proviennent de leur surface ou de leur base immergée et ne sont pas très-abondants (pl. II, fig. 30).

Pour éviter que ces gaz ne se répandent à l'intérieur des cabinets, l'on emploie généralement aujourd'hui dans les maisons d'habitation des siéges à cuvettes hydrauliques mobiles dits à l'anglaise. Dans les habitations moins soignées et dans les établissements publics, on se contente de placer sous l'orifice une cuvette, dite appareil Rogier-Mothès, qui bascule et se vide par le seul poids des matières, et qui revient ensuite fermer à peu près cet orifice.

Ces moyens convenables ne sont pas toujours suffisants pour empêcher l'introduction des mauvaises odeurs, par suite des légères fissures que présente le montage des appareils.

Dans tous les cas, il est plus sûr d'isoler le siége à 0^{m},04 ou 0^{m},05 du bord supérieur de la cuvette, en laissant monter les faces de devant et des côtés jusqu'au siége et de mettre l'intervalle en communication avec un conduit d'évacuation des gaz, qui s'élève jusqu'au-dessus du toit.

Si ce conduit peut être placé près d'un foyer de chaleur régulier, tel qu'un tuyau de fumée de cuisine, ou si l'on peut y faire passer des tuyaux de circulation d'eau, comme dans les grands édifices chauffés par ce procédé, il sera facile d'obtenir dans ce tuyau un appel suffisant.

Mais si l'on n'a pas cette ressource, ainsi que cela arrive dans les habitations privées, on y obviera en établissant dans le conduit même un petit bec de gaz, brûlant au plus 30 à 40 litres à l'heure et qui, à l'aide d'un vasistas vitré, éclairera le cabinet, en même temps qu'il l'assainira. On pourrait même se servir d'une lampe ordinaire brûlant 15 à 20 grammes d'huile par heure. Le conduit d'évacuation devra avoir environ 0^{mq},03 à 0^{mq},04 de section et le petit bec brûlant 30 litres par heure produira généralement l'éva-

cuation de 30^{mc} d'air par heure, ce qui suffira non-seulement pour expulser tous les gaz provenant du siége et de son tuyau de descente, mais même pour renouveler plusieurs fois par heure l'air du cabinet, en y faisant affluer celui des corridors voisins et en prévenant aussi l'infection intérieure.

110. EXEMPLE : *Bâtiment d'administration du chemin de fer du Nord* ((pl. II, fig. 31). — Si au lieu de siéges à l'anglaise l'on n'a que des siéges ouverts ou même des lieux dits à la turque, un dispositif analogue produira les mêmes résultats.

La figure 31, pl. II, montre l'installation adoptée avec succès au bâtiment d'administration du chemin de fer du Nord, où il y a, pour les cinq étages, 27 cabinets d'aisances.

Les tuyaux de descente servent à tous les couples de siéges de chaque étage, et ne sont qu'au nombre de trois. Ils ont 0^{m},22 de diamètre et débouchent dans des cuvettes hydrauliques mobiles en cuivre, qui forment syphon et s'opposent à l'ascension des gaz de la fosse.

Tous les conduits d'évacuation d'air des siéges ont 0^{m},10 sur 0^{m},40 à l'intérieur. Ils débouchent dans un grand conduit collecteur vertical d'environ 0^{mq},95 de section servant de cheminée d'appel et dans lequel sont disposés des tuyaux verticaux de circulation d'eau chaude qui, pendant l'hiver, déterminent un appel général.

Dans la saison d'été, où le chauffage est interrompu, l'appel est produit par des becs de gaz allumés dans chacun des cabinets.

L'on pourrait évidemment continuer l'été à obtenir la ventilation à l'aide de la circulation de l'eau chaude, au moyen d'un petit foyer auxiliaire, spécialement destiné à ce seul service, ce qui serait plus économique que l'emploi du gaz.

D'après des résultats d'expériences exécutées en février 1863, le volume d'air moyen évacué par siége, sous l'action

de l'appel produit par un excès de 4 à 7° seulement de la température de la cheminée sur celle de l'air extérieur, a été de plus de 63^{mc} par heure.

Quoique très-supérieur à ce qui est ordinairement nécessaire, ce volume ne paraît pas surabondant pour des cas analogues, où les siéges sont accompagnés d'urinoirs souvent mal lavés.

111. *Disposition adoptée à l'hôpital Lariboisière* (pl. II, fig. 32). — Dans cet établissement, les cabinets situés à chaque étage contiennent trois siéges à cuvette R, en fonte émaillée, qui débouchent dans une autre cuvette S, formant le sommet d'un tuyau de descente U particulier pour chaque siége, mais qui, par une disposition convenable, auraient pu être plus économiquement communs aux trois étages. Ces tuyaux de descente conduisent les matières dans un grand bassin hémisphérique O, en fonte, toujours rempli d'eau, dans lequel plonge leur extrémité, ce qui empêche les gaz de la fosse située au-dessous de remonter par les tuyaux de descente.

Les matières se déversent du bassin O par l'espace X, dans la fosse qui est hermétiquement fermée, et qui doit être, d'après les règlements, pourvue d'un tuyau d'échappement des gaz, vers le haut de l'édifice.

Il résulte de cette disposition que les seuls gaz qui pourraient déboucher par le sommet des tuyaux de descente dans les cabinets, seraient ceux qui se développeraient dans ces tuyaux. Pour les empêcher de pénétrer dans les cabinets et en même temps pour renouveler l'air dans ceux-ci, M. L. Duvoir a mis chacune des contre-cuvettes S en communication avec un tuyau T, qui débouche dans un conduit d'appel V commun pour tous les siéges.

L'appel exercé dans ce tuyau V, à l'aide de tuyaux de circulation d'eau chaude et qui pourrait l'être par d'autres moyens, détermine non-seulement l'évacuation des gaz développés dans les tuyaux de descente; mais il produit, en outre, dans les cabinets, et par l'ouverture du siége, l'appel

d'un volume d'air qui s'élève à 35^{mc} et plus, par heure et par siége.

Des dispositions conformes aux indications précédentes ont été appliquées avec succès aux lieux d'aisances avec siéges à la turque établis au bâtiment *b* de l'hôpital de Vincennes.

PUISARDS.

112. Lorsque des puisards destinés à recevoir des eaux ménagères répandent une mauvaise odeur malgré les précautions prescrites par les règlements de voirie, ou quand ces règlements ne peuvent être ou ne sont pas observés, on éviterait cet inconvénient par des moyens analogues à ceux que l'on vient d'indiquer.

SALLES A MANGER.

113. Dans ces salles où l'odeur des mets, la chaleur de nombreux appareils d'éclairage jointe à celle que développent les individus, produisent une température parfois insupportable, il est facile d'appliquer les règles données précédemment.

Il conviendra généralement que l'air y soit renouvelé quatre à cinq fois par heure, en déterminant l'appel près du sol et en utilisant, ce qui sera souvent très-facile, la chaleur des lustres d'applique placés contre les murs pour lui donner l'activité nécessaire.

Si l'éclairage est très-splendide et produit par des lustres nombreux disposés au-dessus des tables, on sera aussi conduit à donner issue aux gaz chauds, produits de la combustion, par des orifices ménagés dans ou vers le plafond.

Les orifices d'admission de l'air nouveau devront être placés alors au-dessous des précédents, mais aussi loin que possible des personnes.

L'on se trouve alors, comme dans le cas des écoles de des-

sin tenues le soir, conduit à déroger aux règles générales.

Comme exemples choisis parmi ceux qui, en apparence, pourraient présenter le plus de difficultés, je prendrai les grandes salles de fêtes de l'hôtel de ville de Paris.

114. *Salle des fêtes à l'hôtel de ville de Paris.* — Cette salle immense a les dimensions suivantes :

Longueur, $47^{m},55$; largeur, $10^{m},35$; hauteur, $11^{m},50$; capacité cubique, $5659^{mc},6$; surface de plancher, $492^{mq},14$.

Elle reçoit ordinairement aux dîners 180 couverts à une table de $46^{m},30$ de longueur sur $4^{m}00$ de largeur, ce qui correspond à un développement de $2 \times 46^{m},30 + 4 = 100^{m},6$ et ne donne à chaque convive que $0^{m},55$ de place.

Pour ces repas, le nombre des domestiques de service ne peut être moindre que 60. Il y a donc 240 personnes dans la salle.

L'espace cubique par personne est alors

$$\frac{5659^{mc},6}{240} = 24^{mc},58$$

La surface de plancher par personne

$$\frac{492^{mq},14}{240} = 2^{mq},05$$

Dans ces circonstances, elle est éclairée par 26 lustres

à 100 bougies.	= 2600
Candélabres portant 6 ou 7 bougies par convive	= 592
Total des bougies. . . .	3192

Au dîner offert par la ville à l'Empereur, à l'occasion de son mariage, il y a eu 420 couverts. Le nombre des gens de

service était au moins de 100 ; l'espace cubique par personne n'était donc que

$$\frac{5659^{mc},6}{520} = 10^{mc},88$$

et la surface de plancher par personne

$$\frac{492^{mq},14}{520} = 0^{mq},95$$

La salle était à cette occasion éclairée par 26 lustres à 100

bougies	= 2600
et par les candélabres de la table contenant. .	= 592
Total des bougies. . . .	3192

En admettant qu'une bougie développe par heure 120 unités de chaleur, de même qu'une personne, le nombre total d'unités de chaleur développées par heure dans cette occasion aurait été :

$$(520 + 3192) \times 120 = 445440 \text{ calories.}$$

En supposant que l'on ait pu introduire à 6 ou 8^m de hauteur de l'air à 15^0 et que cet air, après s'être échauffé à 35^0, se fût échappé par des orifices ménagés au plafond, chaque mètre cube d'air introduit aurait emporté

$$1,23 \times 20 \times 0,237 = 5,82 \text{ calories.}$$

Il aurait donc fallu faire entrer ainsi et sortir par heure de la salle le volume énorme de

$$\frac{445\,440^{cal}}{5.82} = 76536^{mc} \text{ d'air}$$

ou $21^{mc},26$ en 1″

ce qui correspondrait à un renouvellement complet de l'air de la salle effectué

$$\frac{76\,536}{5659.6} = 13.52 \text{ fois par heure.}$$

A l'aide de cheminées gagnant le toit, l'on pourrait obtenir une vitesse d'évacuation de $2^{m},00$ au moins en $1''$ et il faudrait que la somme de leurs sections et des orifices d'accès fût de $10^{mq},63$. En en supposant cinq réparties au plafond, chacune d'elles devrait avoir $2^{mq},13$ de section.

Quelque considérables que soient ce volume d'air à évacuer et ces surfaces de passage, il n'y aurait point de difficultés sérieuses à les obtenir.

115. *Salle du Trône.* — Cette salle a les dimensions suivantes : longueur, $28^{m},60$; largeur, $11^{m},00$; hauteur, $8^{m},00$; capacité cubique, $2416^{mc},8$; surface de plancher, $314^{mq},60$. Elle reçoit 95 convives à une table de $23^{m},40$ de long sur $4^{m},00$ de large, ce qui correspond à un développement de $54^{m},8$ et ne donne à chaque convive que $0^{m},58$ environ de place.

Le nombre des domestiques doit être d'environ 25. Il y a donc 120 personnes dans la salle.

L'espace cubique par personne est alors

$$\frac{2516^{mc},8}{120} = 20^{mc},97$$

La surface du plancher par personne

$$\frac{314^{mq},6}{120} = 2^{mq},62$$

Dans ces circonstances elle est éclairée par

12 lustres à 96 bougies.	1152
4 candélabres à 25 bougies.	100
Sur la table.	370
Total. . . .	1622

ou 17 bougies par convive.

En admettant, comme ci-dessus, qu'une bougie développe par heure 120 unités de chaleur, de même qu'une personne, le nombre total d'unités de chaleur développées par heure serait

$$(120 + 1622) \times 120 = 209040 \text{ calories.}$$

En supposant que l'on ait pu introduire à 6^m de hauteur de l'air à 15° et que cet air, après s'être échauffé à 35°, se fût échappé par des orifices ménagés au plafond, chaque mètre cube d'air introduit aurait emporté, comme dans le cas précédent, 5,82 calories.

Il faudrait donc faire entrer et sortir aussi par heure de la salle le volume de

$$\frac{209040}{5,82} = 35917^{mc} \text{ ou } 9^{mc},98 \text{ en } 1''$$

ce qui correspondrait à un renouvellement complet de l'air de la salle effectué 14,27 fois par heure. Si la vitesse d'évacuation atteint $2^m,00$ en $1''$, il faudrait que la somme des sections des orifices fût de $4^{mq},99$.

Le volume de 35917^{mc} est à peu près celui que l'on peut facilement extraire des deux amphithéâtres du Conservatoire, et y introduire à une hauteur moyenne de moins de $6^m,00$, sans gêne pour les auditeurs.

116. *Salle à manger.* — Cette salle a les dimensions suivantes : longueur, $14^m,90$; largeur, $7^m,00$; hauteur, $7^m,50$; capacité cubique, $782^{mc},25$; surface de plancher, $104^{mq},3$.

Elle reçoit 54 convives à une table de $12^m,85$ de long sur $2^m,93$ de large, ce qui correspond à un développement de $31^m,56$, et ne donne à chaque convive que $0^m,52$ environ de place.

Le nombre des domestiques doit être d'environ 14. Il y a donc alors 68 personnes dans la salle.

L'espace cubique par personne est ainsi

$$\frac{782,25}{68} = 11^{mc}50.$$

La surface de plancher par personne,

$$\frac{104,3}{68} = 1^{mq},53.$$

Elle est éclairée par

1 lustre à................	60 bougies
14 lustres à 20...........	280
Candélabres portant.......	170
Total........	510

ou 9,44 bougies par convive.

En admettant les mêmes bases de calcul que ci-dessus, le nombre total d'unités de chaleur développées en une heure par les personnes et par les bougies serait

$$(68 + 510) \times 120 = 69360 \text{ calories},$$

et le volume d'air à admettre et à évacuer par heure serait

$$\frac{69360}{5,83} = 11917^{mq} \quad \text{ou} \quad 3^{mc},31 \text{ en } 1'',$$

ce qui correspondrait à un renouvellement complet de l'air de la salle effectué 15,23 fois par heure.

Le volume de 11917 mètres cubes est inférieur à celui que l'on introduit et que l'on extrait habituellement du petit amphithéâtre du Conservatoire.

Dans l'état actuel, il n'est pas rare d'observer à la fin des repas une température de 30° sans renouvellement de l'air, ce qui est fort incommode, et la supposition qu'elle s'élève à 35° vers le plafond est probablement au-dessous de la vérité.

Les trois exemples précédents offrent des difficultés exa-

gérées, et il est d'ailleurs évident que, si l'on adoptait les proportions indiquées, il faudrait se réserver les moyens de régler et de modérer, selon les circonstances, les volumes d'air évacués et introduits. Pour la saison d'hiver, ces derniers devraient être pris dans des locaux voisins des salles, et où l'on pourrait établir une température convenable.

SALONS DE RÉCEPTION.

117. Ce que l'on vient de dire des salles à manger s'applique également aux grands salons de réception, où des appareils d'éclairage nombreux contribuent, pour une large part, à l'échauffement et à l'altération de l'air. Là, comme dans les écoles de dessin du soir, il ne suffit plus d'un renouvellement ordinaire de l'air proportionné au nombre des personnes, il faut à la fois laisser échapper vers le plafond, par la seule action du tirage qu'ils produisent, les gaz chauds de la combustion, et déterminer en même temps, s'il se peut, près du plancher un appel d'évacuation, qui oblige à y affluer une partie de l'air nouveau introduit à une certaine hauteur et le plus loin possible des personnes.

Dans des cas pareils, il convient d'assurer le renouvellement complet de l'air six à huit fois par heure.

Les observations recueillies à l'école de la rue des Petits-Hôtels montrant que, par des températures extérieure de 10°, et intérieure de 25°, il se produit dans des orifices libres, dépourvus de cheminée extérieure, une vitesse d'environ 1 mètre en une seconde, on pourra calculer, d'après cette donnée, les surfaces des orifices à ménager vers le haut, en supposant que les 0,75 du volume d'air à faire évacuer s'échappent par ces orifices, et que le surplus, ou les 0,25, sera extrait par le bas, à une vitesse égale aussi à $0^m,90$ en une seconde au moins.

118. *Application à la salle des Maréchaux aux Tuileries.* — Cette salle de réception a $19^m,10$ de longueur sur $16^m,30$ de

largeur, ou 311 mètres carrés de surface de plancher et $14^m,50$ de hauteur moyenne ou environ 4500 mètres cubes de capacité. Elle contient au plus 600 personnes aux soirées de bal, ou environ deux personnes par mètre carré.

Elle est éclairée aux jours de réception par 548 bougies et par 166 lampes (équivalant à 498 bougies), qui développent ensemble environ 125000 unités de chaleur par heure[1].

Cet éclairage correspond donc à $\frac{1046}{600} = 1,74$ bougies par personne.

Si l'on veut que l'air soit renouvelé dans cette salle six fois par heure, il faut en évacuer et y faire rentrer

$$6 \times 4500 = 27000^{mc}$$

par heure dont $0,75 \times 27000 = 20250^{mc}$

en une heure ou $5^{mc},625$ en une seconde à extraire par le plafond, et

$$0,25 \times 27000 = 6750^{mc}$$

en une heure ou $1^{mc},875$ en une seconde par les orifices disposés près du sol.

La vitesse d'évacuation près du plafond pouvant s'élever au moins à $0^m,90$ ou $1^m,00$ en une seconde, les orifices à y pratiquer, autant que possible au-dessus des lustres principaux, devront présenter

$$\frac{5^{mc},625}{0,90} = 6^{mq},250$$

de surface libre de passage, déduction faite des parties

1. *Études sur la ventilation*, 2e volume, pages 301 à 302.

pleines, et la vitesse d'appel près du sol étant aussi d'environ $0^{m},90$ en une seconde. Les orifices correspondants offriront un passage libre de

$$\frac{1^{mc},875}{0,90} = 2^{mq},085.$$

La grille actuelle d'évacuation n'a que $10^{mq},75$ environ de surface totale, y compris les parties pleines, et offre à peine 4 mètres carrés de passage libre.

Les orifices du plafond devraient être surmontés par des tuyaux de cheminée offrant ensemble la même surface libre, ce qui accroîtrait la vitesse d'évacuation.

Quant aux orifices d'appel à fleur du plancher, ils pourraient facilement être ménagés au pourtour de la salle, sous les gradins où l'on s'assoit, et leurs conduits descendraient dans les piédroits des voûtes du vestibule inférieur, en allant, dans les caves, gagner des conduits collecteurs débouchant dans une cheminée générale d'appel, au bas de laquelle un feu de houille ou un foyer de becs de gaz seraient entretenus.

Les proportions de ces conduits seraient calculées d'après les règles générales indiquées précédemment.

S'il y avait des difficultés sérieuses pour déterminer cette évacuation par le bas, on pourrait la produire par le haut à l'aide de becs de gaz placés dans des gaînes verticales ménagées dans l'épaisseur des murs.

119. *Introduction de l'air.* — Mais il ne suffit pas d'assurer l'évacuation de l'air vicié, il faut pourvoir à la rentrée d'un volume égal d'air nouveau à une température convenable.

Cet air qui, dans la saison d'hiver, devrait être chauffé à une température de 18° environ, pourrait être admis par un entrevous ménagé au balcon, qui se trouve à 6 mètres au-dessus du plancher. Il affluerait horizontalement, au-dessous des lustres, au-dessus et loin des personnes, et sa vitesse horizontale d'introduction pourrait, sans inconvénient,

atteindre 1 mètre en une seconde. Son volume étant de 27 000 mètres cubes en une heure ou de $7^{mc},50$ en une seconde, la section totale de débouché de l'entrevous et celle des conduits d'amenée serait de $7^{mq},50$.

Le contour du bord intérieur du balcon a environ $60^{m},80$ de développement, il suffirait donc de donner au débouché $\frac{7^{mq},50}{60.8} = 0^{m},126$ de hauteur libre; mais, à cause des ornements qui restreindront le passage, il conviendra qu'il ait au moins $0^{m},25$, soit en hauteur, soit en développement de profil.

Ces dispositions détermineraient à la fois l'évacuation et la rentrée d'un volume d'air de 27 000 mètres cubes en une heure, ou de 45 mètres cubes par personne, s'il y en a 600, suffisant en toute saison pour assurer la salubrité de cette salle et y modérer la température ; mais il ne faudrait pas qu'elles fussent isolées et restreintes à une seule des pièces de réception des palais. Il serait également nécessaire d'en adopter d'analogues pour les deux salles contiguës, qui contiennent souvent beaucoup de monde et surtout pour la grande galerie employée parfois comme salle de bal.

Des moyens semblables y produiraient les mêmes résultats; mais il n'est pas inutile de dire que, pour les soirées, les deux grandes cheminées que contient la grande galerie pourraient, à l'aide de becs de gaz placés à leur intérieur, servir de cheminées d'appel et que, s'il y avait quelque difficulté à pratiquer dans les murs latéraux des conduits allant aux caves, on pourrait, dans ce cas, recourir à des tuyaux ascendants isolés ou communiquant avec une cheminée unique placée dans les combles, au-dessus de chaque salle.

L'introduction de l'air nouveau se ferait au-dessus des corniches et dans le sens horizontal.

Chacun des principaux salons du palais aurait ainsi sa ventilation propre, munie de registres régulateurs; elle se-

rait indépendante des autres, ce qui ferait à peu près disparaître les courants d'air si incommodes, qui se produisent à toutes les issues.

SALLES D'ASSEMBLÉES ET AMPHITHÉATRES.

120. Ces lieux de réunions temporaires, où il y a parfois jusqu'à quatre ou cinq personnes par mètre carré de superficie du plancher, doivent être ventilés à raison de 30 mètres cubes par heure et par personne.

Les dispositions que j'ai adoptées pour le grand amphithéâtre du Conservatoire des arts et métiers et dont les résultats satisfaisants sont constatés jour par jour, depuis cinq années, me semblent devoir être imitées.

L'air vicié est appelé par des orifices ménagés dans la partie verticale des gradins, derrière les jambes des auditeurs et la surface libre totale, déduction faite des parties pleines des grillages, s'il y en a, qu'ils offrent au passage de l'air, doit être calculée de manière qu'il n'y atteigne qu'une vitesse de $0^m,70$ à $0^m,80$ en une seconde. Cette surface sera d'ailleurs répartie aussi uniformément que possible entre tous les gradins.

Le dessous de l'amphithéâtre, aussi complétement libre que possible de toute construction, communiquera avec une galerie d'évacuation souterraine ou à fleur du sol du rez-de-chaussée, s'il y a lieu, et dont la section sera calculée de façon que la vitesse de l'air ne doive pas être supérieure à $1^m,20$ en une seconde.

Cette galerie aboutira dans une cheminée d'évacuation, dont la section moyenne sera déterminée par la condition que la vitesse de l'air y atteigne $1^m,50$ à 2 mètres en une seconde, pour assurer la stabilité de l'écoulement.

Au bas de cette cheminée, une grille, isolée des parois et placée à 1 mètre environ au-dessus du sol, recevra un feu de houille, qui donnera à l'appel l'énergie nécessaire. L'expérience prouve qu'avec des proportions voisines de celles que

l'on vient d'indiquer, l'on peut faire évacuer en moyenne d'un amphithéâtre occupé par un public nombreux 900 à 1000 mètres cubes d'air par heure et par kilogramme de houille brûlée. On calculera donc, d'après le nombre des personnes réunies, à chacune desquelles on doit fournir 30 mètres cubes d'air par heure, et d'après la donnée précédente, le nombre de kilogrammes de houille à consommer, et la surface de la grille sera déterminée par la condition d'y brûler seulement 20 kilogrammes par heure, ce qui correspond à un feu lent.

Des portes et des registres seront ménagés dans la galerie pour interrompre ou modérer, selon les besoins, le mouvement de l'air.

Si, dans l'amphithéâtre, il se fait des préparations susceptibles de dégager de mauvaises odeurs, on disposera sous les fourneaux ou sous la table, des conduits d'appel, auxquels on donnera $0^{mq},25$ à $0^{mq},30$ de section, et que l'on prolongera, si l'on peut, directement jusqu'à la cheminée, au lieu de les faire déboucher dans la galerie. Les orifices de ces conduits dans les fourneaux ou dans la table seront d'ailleurs fermés, quand il ne sera pas nécessaire de les employer.

121. *Introduction de l'air nouveau.* — Généralement il conviendra, quand les localités le permettront, de faire affluer l'air nouveau dans le comble que surmonte l'amphithéâtre, et qui sera alors clos et plafonné, ou dans un entrevous, d'où, par des orifices uniformément répartis sur la surface du plafond, il pénétrera de haut en bas.

Lorsqu'on aura pu adopter cette disposition, on calculera la surface libre que les orifices doivent offrir à l'air, par la condition qu'il y passe avec la vitesse de $0^{m},50$ environ en une seconde.

Dans le grand amphithéâtre du Conservatoire, où le volume d'air admis excède rarement 18 000 mètres cubes par heure ou 5 mètres en une seconde, cette condition conduirait à donner une surface libre d'admission de 10 mètres carrés ; il y en a 12 mètres carrés.

Si l'on est obligé de faire affluer l'air nouveau par l'une ou par plusieurs des faces verticales de la salle, on choisira de préférence celles qui sont opposées et on placera les orifices le plus loin possible des auditeurs, en les garnissant de directrices qui obligent l'air à suivre la surface du plafond plan ou courbe, pour que sa vitesse d'affluence, qui pourra alors s'élever à 1 mètre en une seconde, s'éteigne en tourbillonnant, avant qu'il n'atteigne les auditeurs.

L'air introduit devra avoir, en hiver, une température inférieure de deux degrés au plus à celle que l'on doit conserver dans l'amphithéâtre et qui est d'environ 20°.

A cet effet, l'air chaud fourni par les appareils de chauffage sera, dans une capacité spéciale, mélangé avec de l'air froid pris à l'extérieur par une ouverture convenable.

L'action de l'appel déterminera l'introduction de cet air froid, que l'on fera affluer dans la chambre du mélange au-dessus de l'air chaud.

Des registres, faciles à manœuvrer, serviront à proportionner les volumes d'air chaud et d'air frais, pour que le mélange ait la température convenable.

Lorsque l'amphithéâtre ne sera pas occupé, il conviendra que toutes les communications avec la cheminée d'évacuation, avec la chambre de mélange et avec les orifices d'admission d'air nouveau, soient fermées, afin d'éviter que la ventilation se faisant en sens contraire, l'intérieur ne se refroidisse.

L'intermittence du service et du chauffage dans les amphithéâtres, détermine pour ces locaux une dépense de combustible beaucoup plus grande que s'ils étaient en service avec continuité.

Ces lieux ne devant d'ailleurs être ventilés que quand ils sont occupés, il convient de se réserver les moyens d'en opérer le chauffage par des bouches spéciales différentes de celles qui fonctionnent concurremment avec la ventilation, et qui seront ensuite fermées.

On peut admettre, comme résultats moyens des services

de chauffage et de ventilation des amphithéâtres disposés d'une manière analogue à ceux du Conservatoire, les chiffres suivants :

Consommation de charbon pendant 12 heures pour	le chauffage de 1000 mètres de capacité	35 à 40kil
	la ventilation à raison de 1000 mètres d'air extrait et admis	12 à 15

Les grandes salles de réunion, telles que celles des assemblées législatives, doivent être chauffées et ventilées d'après les mêmes principes.

Dans tous les cas, on rappellera que les escaliers, les vestibules, les cabinets, etc., qui donnent accès dans ces locaux, abondamment ventilés par appel, doivent être chauffés sans ventilation et maintenus à une température un peu supérieure à celle de la salle principale, afin que l'ouverture accidentelle des portes n'y permette que des entrées d'air chaud qui ne soient pas incommodes.

L'expérience a montré au Conservatoire que, quand on assure ainsi le chauffage et la clôture de ces abords, qui forment alors des sortes d'écluses à air, la vitesse de rentrée d'air par les portes qui, étant ouvertes, les mettent en communication avec l'intérieur des amphithéâtres, est à peine de $0^{m},30$ en 1 seconde, et par conséquent à peu près insensible, d'autant plus que cet air est au moins à la même température que l'intérieur de la salle principale.

THÉATRES.

122. Une salle de spectacle se compose de trois parties principales :

1° La scène et ses dépendances immédiates;

2° La salle, ses foyers et ses dépendances directes;

3° Les vestibules, les escaliers et les services de l'administration.

La scène, les coulisses, les corridors qui conduisent aux loges des acteurs ou aux foyers d'artistes, doivent être maintenus à une température de 18 à 20° en hiver. Généralement ces derniers locaux n'ont pas besoin d'être ventilés parce qu'ils ne sont occupés que par un nombre restreint de personnes contenu dans de grands espaces. Cependant les foyers d'artistes, les salles de répétition pour les choristes, recevant parfois beaucoup d'artistes, il pourra dans certains cas être nécessaire de les ventiler. Les parties supérieures de la scène sont souvent soumises à une température élevée par suite de la chaleur développée par les appareils d'éclairage, par des feux, dans des combats figurés, etc., ce qui exige que l'on prenne des dispositions spéciales pour les aérer et pour en évacuer les gaz chauds.

La salle et les foyers sont les parties dans lesquelles il convient surtout d'assurer la salubrité, le renouvellement de l'air et une température modérée.

Le volume d'air à évacuer et à introduire par spectateur et par heure doit être de 40 mètres cubes, et il convient de se réserver les moyens de l'élever à 60 mètres cubes, pour la saison d'été.

Le chauffage peut être fait, soit à l'aide de calorifères à air chaud combinés avec des chambres de mélange suffisamment vastes, comme on l'a dit précédemment, soit par des appareils de circulation d'eau chaude, dont l'installation peut n'être pas plus dispendieuse que celle des précédents, et dont le service est facile à régulariser.

123. *Prises d'air.* — Les prises d'air nouveau doivent être ménagées, s'il se peut, dans des jardins voisins, loin des habitations, ou par des cours ou cheminées spéciales puisant, par appel, cet air au-dessus de l'édifice. L'on aura soin que ces conduits soient aussi éloignés que possible des cheminées d'évacuation de l'air vicié, et que leur orifice ne s'élève pas à la même hauteur que ces cheminées, afin qu'il ne se produise pas d'appel des unes aux autres.

Si l'air nouveau doit circuler dans des conduits souter-

rains, les murs, les voûtes et le sol de ces conduits seront en maçonnerie hydraulique parfaitement étanche, et l'on n'y permettra aucune communication de service, autre que la surveillance de leur état de propreté complète.

124. *Introduction de l'air.* — Cette introduction aura lieu dans la salle :

1° Par des entrevous ou doubles fonds réservés entre le plancher de chaque étage de loges, de galeries ou d'amphithéâtres, et le plafond de l'étage inférieur. L'air débouchera horizontalement par tout le pourtour de ces entrevous, qui devront avoir $0^m,13$ à $0^m,15$ au moins de hauteur libre. On peut admettre que la vitesse horizontale avec laquelle il affluera, sera d'un mètre en une seconde; mais il faut avoir soin que les orifices de passage à travers les grilles apparentes qui limitent l'entrevous, offrent au moins une surface correspondante à cette vitesse, et qu'aucun de ces orifices ne soit disposé à peu près horizontalement au-dessus des spectateurs de l'étage inférieur de places.

2° Par des ouvertures ménagées, à partir de la hauteur de $3^m,00$ environ, dans les parois verticales des murs qui séparent la scène de la salle et par le tympan qui réunit ces murs, et où l'on peut former aussi une chambre de mélange d'air chaud venant des calorifères, et d'air froid pris au dehors.

3° Par des conduits auxiliaires destinés spécialement à la ventilation d'été et ménagés, s'il est possible, sous les planchers des corridors à chaque étage de places. Ils prendraient l'air à l'extérieur, et leur section serait calculée de façon que la vitesse de passage n'excédât pas $0^m,60$ à $0^m,70$. Tous ces conduits seront munis de registres pour les fermer, au besoin, dans les soirées froides.

125. *Précautions à prendre.* — L'évacuation par appel de l'air vicié, déterminant nécessairement la rentrée d'air nouveau, il importe de veiller à ce que l'ouverture des portes, en facilitant celle-ci, n'occasionne pas de courants d'air désagréables.

A cet effet, les corridors, les couloirs, les escaliers devront, l'hiver, être chauffés à une température de 20° environ. Les portes des loges voisines étant ordinairement contiguës, il sera convenable d'établir dans les corridors, devant chaque couple de portes, une bouche de chaleur, afin que lors de l'ouverture momentanée d'une de ces portes, il entre dans la loge correspondante de l'air chaud. On fera de même près de chaque porte de couloir ou d'amphithéâtre, mais il conviendra que ces bouches de chaleur soient disposées dans des plans verticaux, et non à fleur du plancher. Les couloirs auront deux portes battantes, fermant de dehors en dedans, et entre lesquelles il y aura une bouche de chaleur.

126. *Évacuation de l'air vicié.* — Cet air sera aspiré de la salle par des bouches d'appel ouvertes dans les parois verticales du fond des loges ou des galeries, ou dans celles des gradins des amphithéâtres. La surface libre de ces bouches sera calculée par la condition que l'air y pénètre à la vitesse de 0m,70 à 0m,80 en une seconde.

Chaque loge ou chaque couple de loges contiguës d'un même étage aura son conduit particulier d'évacuation. La section de ces conduits devra être calculée par la condition que l'air extrait y ait une vitesse d'un mètre en une seconde. Dans le 1er, le 2e et le 3e étage de places ces conduits s'élèveront vers la coupole établie au-dessus du lustre.

Pour le parterre, l'orchestre, les loges de baignoires, et même s'il se peut pour la première galerie, l'appel de l'air vicié se fera par en bas. Au parterre et à l'orchestre, des grilles disposées sur tout le pourtour vertical inférieur des baignoires, et d'autres ouvertures ménagées au sommet ou sur les côtés de conduits attenant aux pieds des siéges, serviront à diriger l'air vicié dans un entrevous disposé sous le plancher. Cet entrevous suffisamment haut, pour qu'on puisse y pénétrer pour le nettoyer, sera partagé dans les grands théâtres en deux parties par une séparation longitudinale dans le plan moyen de l'édifice.

Chacune de ces parties communiquera avec une cheminée d'appel spéciale, dont l'ouverture sera, soit dans les caves, soit à hauteur du plancher, des couloirs du parterre.

Dans aucun cas les orifices d'appel ne devront être disposés à fleur du plancher, comme on l'a fait, malgré nos indications, au théâtre Lyrique.

L'air vicié appelé des baignoires et des premières galeries sera de même dirigé par en bas au moyen de conduits particuliers, réunis ensuite dans des conduits collecteurs débouchant au bas des cheminées, dont il vient d'être parlé. Ces conduits seront proportionnés par la condition que la vitesse y soit de 1 mètre à $1^m,20$ en une seconde.

Pour les petits théâtres, il suffira souvent d'une seule cheminée pour les étages de places, dont on vient de parler.

Le calcul des dimensions à donner aux orifices de passage de l'air vicié, devra être fait à part pour chaque étage de places, d'après le nombre correspondant des spectateurs.

L'on dirigera dans les cheminées d'évacuation les tuyaux de fumée en fonte des calorifères, en les y isolant sur toute leur hauteur, et l'on établira à leur partie inférieure une grille pour y faire fonctionner au besoin et surtout l'été un foyer auxiliaire d'appel. Il ne serait pas toujours prudent, même dans la saison d'hiver, de compter sur la chaleur transmise par les tuyaux de fumée pour produire un appel assez énergique.

La section d'une cheminée sera calculée de manière que la vitesse moyenne soit de $1^m,70$ à $1^m,80$ en une seconde.

Elles déboucheront, quand cela sera possible, dans une coupole, à établir au-dessus du centre de la salle, qui recevra aussi tous les conduits d'évacuation des étages supérieurs de places.

Une cheminée générale d'évacuation sera construite, en briques et non en métal, au-dessus de cette coupole, que l'on surbaissera le plus possible, tandis qu'on donnera à la cheminée toute la hauteur que permettront les conditions de la construction, mais au moins 6 à 8 mètres.

La section de cette cheminée sera calculée par la condition que la vitesse moyenne d'évacuation y soit d'environ 2 mètres en une seconde.

127. *Utilisation de la chaleur développée par les appareils d'éclairage.* — Outre les conduits d'évacuation de l'air vicié, on fera déboucher dans la coupole les gaz produits par la combustion des becs d'éclairage, du lustre principal ou des autres lustres suspendus au plafond. Les conduits destinés à y amener ces gaz doivent être de dimensions aussi restreintes que possible, afin de ne pas contrarier l'appel général fait dans le voisinage des places.

Le diamètre du tuyau d'évacuation à disposer au-dessus d'un lustre placé près du plafond et surmonté d'un chapeau réflecteur en métal ou transparent en verre, doit être calculé par la condition qu'il évacue seulement 150 mètres cubes d'air à la vitesse de 4 mètres en une seconde par mètre cube de gaz brûlé par le lustre.

Les becs isolés des loges et des corridors prendront l'air nécessaire à leur alimentation dans l'intérieur des loges ou dans le conduit voisin d'évacuation et l'y reverseront. Il suffira de donner $0^m,015$ à $0^m,018$ de diamètre à leurs tuyaux.

On prendra des dispositions analogues pour faire affluer le plus directement qu'il sera possible dans les conduits d'évacuation de l'air vicié tous les produits de la combustion des lustres d'applique intérieur des becs d'éclairage, des loges et des corridors.

Si, comme cela est probable, l'on n'imite pas les essais d'éclairage par un plafond vitré tentés au théâtre du Cirque et au théâtre Lyrique, contre notre avis, il conviendra de disposer, à la base de la cheminée d'évacuation, des couronnes de becs auxiliaires, que l'on allumerait seulement l'été, pour activer l'appel, lorsque l'élévation de la température extérieure tendrait à le restreindre.

On pourra compter que dans de semblables conditions, chaque mètre cube de gaz brûlé produirait l'évacuation d'environ 800 mètres cubes d'air.

Un registre sera établi à la base de cette cheminée pour en modérer le tirage et surtout pour interrompre l'évacuation aussitôt après la cessation du spectacle, en même temps que pour s'opposer aux pertes inutiles de chaleur et aux rentrées d'air froid pendant la nuit.

128. *Ventilation de la scène.* — Pour les théâtres où il se développe fréquemment de grandes quantités de fumée, par suite de combats simulés, d'un éclairage extraordinaire, de combustions d'artifices etc., il convient de ménager vers la partie supérieure de la scène un appel énergique, afin d'éviter que les gaz ne traversent la salle en obéissant à l'appel qui y est exercé, ainsi que cela arrive au théâtre du Châtelet où l'on n'a pas voulu prendre la précaution que nous indiquons. De plus, pour que cette évacuation par la scène ne contrarie pas celle qui doit être faite par la salle, il faut les mettre en communication.

A cet effet une cheminée ou un tuyau auxiliaire d'évacuation sera établi au-dessus de la scène et ira rejoindre la cheminée principale, à l'action de laquelle on donnera, pour un moment, plus d'activité, à l'aide de becs de gaz allumés à l'instant opportun, un peu avant la production des fumées.

129. *Précautions à prendre contre les rentrées d'air extérieur froid sur la scène.* — L'on devra d'ailleurs éviter toute introduction d'air extérieur froid sur la scène, afin qu'il ne se produise pas, de la scène à la salle, des courants désagréables à la fois pour les artistes et pour le public de l'orchestre, comme ceux qui ont lieu au théâtre du Cirque, où, malgré nos observations réitérées, l'on n'a pas fermé de larges ouvertures en communication directe avec une cour et avec la voie publique.

130. *Des appareils d'éclairage de la salle.* — Sans vouloir indiquer ici les dispositions à prendre pour l'éclairage des salles de spectacle, nous nous bornerons à dire que l'emploi des plafonds vitrés, que l'on est obligé d'orner par

quelques dessins en grisaille ou autres, occasionne une déperdition considérable de lumière, qu'il fait pénétrer dans la salle qu'il éclaire une chaleur très-désagréable pour les spectateurs des étages supérieurs de places, et qu'il est excessivement onéreux pour les directeurs qui sont naturellement conduits à restreindre, outre mesure, le nombre des becs allumés; ce qui rend alors la dépense faite pour l'installation des appareils en partie inutile.

Quoique cette consommation même restreinte, favorise l'évacuation de l'air vicié, le volume ainsi extrait n'est guère que de 450 mètres cubes par mètre cube de gaz brûlé, tandis qu'avec des dispositions convenables on peut déterminer l'extraction de 600 à 800 mètres cubes d'air par mètre cube de gaz.

131. *Dispositions à prendre pour assurer et régler le service du chauffage et de la ventilation.* — Ces deux services ne peuvent être convenablement assurés qne par une observation attentive des circonstances atmosphériques, du nombre des spectateurs et une grande attention dans l'emploi opportun des moyens. Il n'y a, en réalité, rien de difficile dans le maniement ni dans la conduite des appareils, mais il faut y mettre du soin, et l'on ne peut s'en rapporter à un simple chauffeur et moins encore aux directeurs des théâtres, toujours intéressés à dépenser le moins de charbon et de gaz possible.

Il est donc indispensable d'en conférer la surveillance à des agents spéciaux, responsables vis-à-vis de l'autorité de la régularité du service, et tenus de faire des rapports sommaires, mais journaliers. Sans un pareil contrôle, indépendant des entreprises théâtrales, les meilleurs appareils peuvent donner de mauvais résultats ou cesser complétement de fonctionner.

Le théâtre Lyrique et celui de la Gaîté en offrent de frappants exemples.

132. *Application.* — Les règles précédentes avaient été, après de longues discussions et de nombreuses expériences,

adoptées [1], pour servir de bases aux dispositions à appliquer au théâtre Lyrique et à celui du Châtelet. Pour ce dernier, l'administration de la ville de Paris s'en est presque complétement écartée, et, pour le premier, elle ne les a fait suivre encore qu'en partie.

Cependant, comme l'ensemble des résultats obtenus au théâtre Lyrique a été à peu près satisfaisant, quand les appareils ont été convenablement conduits, je ferai connaître cette première application, malgré ses imperfections.

La salle, construite pour 1700 spectateurs, n'offre réellement au public que 1472 places, réparties ainsi qu'il suit:

Orchestre, parterre et baignoires...	440	
1er Étage........................	256	1032
2e Étage........................	302	
3e Étage........................	178	
4e Étage........................	296	
	1472	

Le volume d'air a renouveler par spectateur avait été limité à 30 mètres cubes par heure, ce qui, d'après le nombre de places, correspondait à un volume total de 44 160 mètres cubes par heure. Les conditions posées à l'entrepreneur et basées sur l'hypothèse de 1700 spectateurs exigeaient une évacuation de 51 000 mètres cubes d'air par heure.

133. *Prise d'air extérieur.* — Cette prise est faite dans le square Saint-Jacques, au moyen d'un puits circulaire de 3^{m},70 de diamètre, qui, par un conduit souterrain, d'abord cylindrique, de 3^{m},40 de diamètre, et ensuite de formes variables, mais de même superficie, l'amène dans le soubassement du bâtiment et s'épanouit sous toute l'étendue occupée par les

1. La Commission chargée de l'étude de la question et de l'examen des projets, était composée de MM. Dumas, membre de l'Institut, président, Chaix-d'Est-Ange, Pelouse, Rayer, Gilbert, Caristie, Baltard, général Morin, rapporteur, membres de l'Institut, Grassi, pharmacien.

calorifères et les chambres à air. La section de passage n'était ainsi que de $9^{mq},08$ et l'expérience (9 déc. 1862[1]) ayant montré que la vitesse qui s'y établissait pouvait s'élever à $1^{m},94$ en une seconde, le volume d'air nouveau introduit par cette galerie a été, ce jour, de 30850 mètres cubes. L'on n'avait demandé pour cette introduction qu'un volume de 30000 mètres cubes, pensant que les entrées inévitables par les portes, par les couloirs et par la scène fourniraient facilement et sans inconvénient le surplus, ce qui est effectivement arrivé. Il serait plus prudent néanmoins, en pareil cas, de calculer les proportions de la prise d'air pour l'introduction du volume total.

134. *Altération des dispositions prises.* — Mais, peu de temps après l'ouverture ou la remise du théâtre au Directeur, les conduits de prise d'air par l'extérieur ont été fermés et l'ouverture même ménagée dans le square Saint-Jacques est aujourd'hui complétement masquée par du lierre et invisible. Aussi, par ces passages, ainsi que par les conduits qui aboutissent aux entrevous des loges, l'introduction de l'air est à peu près supprimée, tandis que l'évacuation conserve son énergie. Il en résulte que, pour remplacer l'air extrait, il se fait par tous les passages, par les couloirs, etc., etc., des rentrées d'air plus ou moins froid, fort incommodes pour les spectateurs, que le public attribue aux dispositions générales qui avaient été prises; tandis qu'elles ne sont que le résultat du défaut de surveillance et d'action de l'autorité.

Malgré l'influence que ces altérations et d'autres aussi graves dans une partie des appareils établis ont exercée sur leur marche habituelle, je ferai connaître les résultats que l'on a obtenus en service continu, quand on a pu faire fonctionner régulièrement la ventilation.

135. *Rez-de-chaussée.* — L'air nouveau fourni par les galeries traverse en partie deux calorifères placés sous la

1. *Étude sur la Ventilation,* 2e vol.

salle, le reste afflue dans deux coffres de mélange ayant ensemble 185 mètres cubes de capacité. Les deux calorifères présentent une section de passage de 9 mètres carrés et le volume d'air chaud qu'ils doivent fournir aux chambres de mélange étant au maximum de 25 000 mètres cubes par heure, ou de $6^{mc},95$ en une seconde, cela correspond à une vitesse de $0^{m},77$ en une seconde.

De la chambre à air et de chacun de ses compartiments partent six conduits, dont :

Deux sont destinés à alimenter les conduits d'air nouveau aux divers étages;

Deux devaient fournir de l'air à faire affluer dans la salle par le plancher de la scène, concentriquement à la rampe. L'on a dû renoncer à cette introduction qui était gênante pour les musiciens;

Deux devaient amener de l'air dans les conduits verticaux ménagés à l'ouverture de la scène, contre le mur qui la sépare de la salle.

Il y a, en outre, quatre calorifères pour le chauffage des vestibules, des escaliers, du foyer, des loges d'artistes, etc.

136. *Évacuation de l'air vicié.* — A l'orchestre et au parterre, l'air est appelé sous le plancher par 101 orifices offrant ensemble un passage libre d'environ 6 mètres carrés. Le solivage sous ce plancher devait, suivant les prescriptions, présenter un passage libre de 11 mètres carrés, il a été, à tort, réduit à $3^{mq},67$.

L'air extrait à cette hauteur, dirigé par deux conduits collecteurs à droite et à gauche, est appelé vers deux cheminées d'évacuation qui reçoivent les tuyaux de fumée des calorifères de la salle et qui peuvent, en outre, au besoin, être chauffées par un petit foyer spécial.

Des expériences directes faites pendant cinq soirées de suite en mai 1863, par des températures extérieures comprises entre $13^{\circ},50$ et 23°, ont montré que l'on pouvait facilement, avec une consommation moyenne de 200 kilog. de

houille, coûtant environ 9 à 10 fr. par représentation, déterminer l'évacuation d'environ 17 000 mètres cubes d'air par heure, ce qui correspondrait à peu près à 40 mètres cubes par place. A l'aide de cette ventilation active, la température à l'orchestre et au parterre peut être maintenue dans des limites convenables.

Mais la direction du théâtre ne fait point fonctionner les deux cheminées d'appel, et, si elle ne les a pas fait fermer, au lieu de déterminer l'évacuation de l'air vicié, elles pourraient bien faire entrer de l'air froid par suite d'un renversement dans le sens du mouvement de l'air causé par la prédominance de l'appel supérieur.

Pour les premier, deuxième, troisième et quatrième étages de places, l'appel de l'air vicié se fait par le fond des loges ou par les gradins de l'amphithéâtre, comme il a été dit au n° 126, et les observations faites en mai 1863 ont montré que le volume d'air vicié extrait qui débouchait à la base de la coupole s'élevait en moyenne à 38 547 mètres cubes pour 736 places, ce qui correspond à $52^{mc},3$ par place.

De sorte que, pour l'ensemble de la salle contenant en tout 1472 places, le volume d'air total évacué en moyenne pendant les cinq soirées de mai 1863, où les observations ont été faites, s'est élevé à 55 779 mètres cubes par heure ou à $37^{mc},9$ au lieu de 30 mètres cubes qui avaient été demandés. Le volume total s'est même élevé le 3 décembre 1862 à 60 051 mètres cubes par heure.

137. *Maintien de l'égalité de température intérieure aux différents étages.* — J'ai fait connaître dans mes *Études sur la Ventilation*[1] tous les résultats des expériences qui ont été exécutées par des températures très-différentes et qui ont montré que les effets obtenus dépassaient, quant aux volumes d'air extraits de la salle, aux divers étages, ce qui avait été demandé. Les résultats relatifs au maintien de la température, n'ont pas été moins satisfaisants. En effet,

1. *Études sur la Ventilation*, 2° vol.

à l'aide de cette ventilation régulière, la température aux différents étages de places a été maintenue à un état d'uniformité très-remarquable constaté par les résultats suivants relatifs seulement au premier et au quatrième étage, que nous nous contentons de citer ici[1].

DATES.		TEMPÉRATURES moyennes extérieures.	1er ÉTAGE. — Températures moyennes.	2e ÉTAGE. — Températures moyennes.
1863	24 mai.	11°,25	20°,6	21°,0
	25 »	13,25	22,0	23,7
	26 »	13,25	22,0	22,5
	27 »	15,50	23,9	24,0
	28 »	17,00	24,4	24,8
	29 »	19,50	24,5	25,2
	30 »	21,00	25,7	26,7

Il est bon de rappeler que, dans un lieu abondamment ventilé, une température de 24° ne paraît point incommode, et que, si les orifices d'introduction directe de l'air extérieur demandés pour la saison d'été avaient été ménagés, il serait facile d'obtenir au besoin une différence moindre encore entre les températures intérieure et extérieure.

On sait qu'à l'Opéra, aux Italiens et dans la plupart des théâtres non ventilés, il n'est pas rare d'observer des températures de 35 à 40°.

138. *Température sur la scène.* — Lorsque les calorifères destinés au chauffage de la scène sont convenablement chauffés, la température peut y être partout maintenue à un degré convenable. Ainsi, en novembre 1863, par une température de 4°, l'on a obtenu :

A la scène, celle de.	18°,9
Aux stalles d'orchestre.	21°,6
Aux étages de loges, en moyenne. .	22°,4
A l'amphithéâtre (4e étage). . . .	23°,3

1. *Étude sur la Ventilation,* 2e vol.

En mai, par des températures extérieures de 18 à 20° à 7 heures et de 13 à 14° à minuit, la température sur la scène a été en moyenne de 21°,7 à 22°,7.

139. *Volume d'air évacué de la coupole par mètre cube de gaz brûlé.* — Pendant les expériences de mai 1863, le volume de gaz brûlé par heure dans la salle, a éte en moyenne de 83^{mc},34 et le volume d'air évacué ayant été de 38,547 mètres cubes dans le même temps, cela correspond à 462^{mc},5 d'air évacué par mètre cube de gaz. Mais dans la consommation ci-dessus est comprise celle d'un assez grand nombre de becs qui n'avaient pas d'action directe sur l'évacuation. L'on peut donc compter, comme nous l'avons dit, sur une évacuation de 600 à 800 mètres cubes d'air par mètre cube de gaz directement brûlé pour la produire, quand les dispositions prises seront convenables.

140. *Conséquences des faits précédents.* — Les résultats d'expériences directes faites en différentes saisons et dont les détails consignés dans mes *Études sur la ventilation* ont été communiqués à la préfecture de la Seine, montrent que les dispositions adoptées pour le chauffage et la ventilation du théâtre Lyrique sont susceptibles de produire des effets satisfaisants. Il en a été de même au théâtre de la Gaîté.

Il est fâcheux de voir le public, par suite de la parcimonie inintelligente d'un directeur de théâtre, privé des avantages qu'au prix de dépenses considérables l'administration de la ville de Paris a voulu lui assurer. C'est à cette administration avertie qu'il appartient d'y pourvoir.

ÉTABLES ET ÉCURIES.

141. La capacité des écuries et des étables doit être de 5 mètres cubes par tête d'animal : c'est la proportion adoptée depuis 1841 par le ministère de la guerre, pour les chevaux de la cavalerie. Dans toutes celles qui ont été construites depuis cette époque pour le service de l'armée, la largeur allouée à chaque cheval est de 1^{m},45 environ.

Cette augmentation de l'espace a produit, de 1835 à 1858, une réduction des pertes sur 1000 chevaux de 51 morts de la morve, pendant la période de 1835 à 1845, à 10 seulement pendant celle de 1848 à 1858, et de 94 morts de toutes maladies, de 1835 à 1845, à 22 seulement, de 1848 à 1858.

Les grandes administrations de services publics, telles que la Compagnie générale des omnibus, et celles des chemins de fer, ont donc tort de réduire à 20 ou à 25 mètres cubes par cheval la capacité de leurs écuries.

142. *De l'ouverture permanente des portes et des fenêtres.*—Des expériences poursuivies pendant plusieurs années dans des régiments de cavalerie, occupant des garnisons situées au nord, au centre ou au midi de la France, ont prouvé que les chevaux se maintiennent en meilleure santé et plus vigoureux dans des écuries dont les portes et les fenêtres, en nombre suffisant, sont constamment ouvertes, de nuit comme de jour, en toute saison, que quand on les tient fermées.

Des observations analogues ont été faites sur des étables contenant un grand nombre de têtes de bétail, qui sont ainsi mises à l'abri des péripneumonies et autres affections épidémiques des voies respiratoires.

143. *Du volume d'air à allouer par tête.*—Lorsque les écuries et les étables ne sont pas disposées de manière à introduire l'air sur toute leur longueur et sur les deux faces opposées, il convient de disposer, à partir du plafond, soit au milieu des allées, si elles sont doubles, soit au-dessus du passage, en arrière des chevaux, des cheminées d'évacuation construites, s'il se peut, en briques et assez larges pour assurer une évacuation de 180 à 200 mètres cubes d'air par heure et par cheval, à la vitesse de $0^m,70$ en une seconde, que peut déterminer une différence de température de 6 à 7°, entre l'air extérieur et l'air intérieur de l'écurie. Cela conduit à donner à ces cheminées $0^{mq},07$ à $0^{mq},08$ de section par tête de cheval.

A l'aide de cette ventilation, l'état hygrométrique de l'air

dans l'écurie se maintiendra dans des limites convenables.

144. *Emploi des becs de gaz.* — On peut activer la ventilation des écuries, en utilisant la chaleur développée par les becs de gaz employés à les éclairer pendant la nuit, ce qui permettra alors de réduire la section des tuyaux d'évacuation de l'air vicié.

145. *Étables à vaches laitières.* — Ce qui précède est relatif aux animaux de travail. Lorsqu'il s'agit de vaches laitières, il paraît qu'un certain engourdissement somnolent est favorable à la production du lait et qu'il faut alors limiter la ventilation à ceq ui est strictement nécessaire à la salubrité.

MOYENS DE CONTROLE.

146. *Des moyens à employer pour constater la marche et les résultats d'un service de ventilation.* — L'on a vu par les nombreux exemples qui précèdent que l'établissement d'un système complet et régulier de renouvellement de l'air dans les lieux habités ne présente, en réalité, aucune difficulté et que les règles à suivre sont fort simples. Leur application le serait également et donnerait lieu à peu de dépenses, si les architectes avaient toujours le soin d'arrêter les dispositions à prendre en même temps qu'ils étudient les projets de construction, au lieu de ne s'en occuper que quand les constructions sont déjà presque terminées.

Mais, quand un ensemble de dispositions ont été prises pour assurer le renouvellement de l'air, la première chose à faire est de constater si les résultats cherchés ont été obtenus, la seconde est de régler le service des appareils.

Pour reconnaître quels sont les volumes d'air évacués et introduits, on se sert d'un petit appareil portatif, nommé *anémomètre*, composé d'un moulinet à ailettes très-léger et très-mobile et d'engrenages avec cadrans, qui indiquent le nombre de tours faits par les ailettes, dans un temps donné.

L'expérience montre qu'avec des appareils de ce genre l'on déduit la vitesse de l'air du nombre de tours des ailettes, au moyen d'une relation de la forme

$$V = a + bN.$$

V étant la vitesse en une seconde,

a un terme constant, qui exprime la vitesse de l'air à laquelle le moulinet commence à tourner,

b un nombre constant,

N le nombre de tours des ailettes en une seconde.

Ainsi l'un des anémomètres du Conservatoire a pour formule

$$V = 0^{m},22 + 0^{m},178N$$

Cet instrument doit être placé, autant que possible, dans une partie des conduits parcourus par l'air où la vitesse soit à peu près uniforme et bien réglée. On le met en marche pendant deux minutes au moins, si l'on a une montre à secondes, ou quatre ou cinq, si l'on ne dispose que d'une montre à minutes. Du nombre de tours faits dans ces intervalles de temps, l'on déduit celui qui correspond à une seconde, d'où l'on conclut la vitesse V.

On multiplie cette vitesse par l'aire de la section du conduit où l'on a observé, exprimée en mètres carrés, et on obtient le volume d'air écoulé en une seconde, puis celui qui est passé en 3600 secondes ou par heure.

Si on craint que dans le conduit la vitesse soit variable par suite de ses grandes dimensions ou d'autres circonstances, il suffira d'y promener l'instrument qui donnera alors, avec une exactitude suffisante, la vitesse moyenne de l'air.

Lorsque l'on veut déterminer le volume d'air qui est aspiré ou qui est introduit par un orifice recouvert par un grillage, il ne faut pas, comme le font quelques observa-

teurs, placer l'anémomètre au-dessus ou au devant de cet orifice, et prendre pour vitesse moyenne de passage de l'air celle qui résulterait du nombre de tours observé. On s'exposerait à de graves erreurs.

Il convient alors de placer devant l'orifice et d'y appliquer le plus exactement possible un tuyau qui en épouse la forme à sa base et qui se raccorde avec une partie cylindrique de $0^m,60$ au moins de longueur, dans laquelle on introduit l'anémomètre, qui indique alors la vitesse de passage dans cette partie du tuyau auxiliaire. L'on en déduit ensuite facilement le volume d'air extrait ou introduit par seconde et par heure.

147. *Moyens de contrôle de la régularité d'un service de ventilation.* — Si l'usage des anémomètres portatifs convient pour les expériences d'étude ou de constatation des résultats que la ventilation peut produire, il ne suffit pas pour s'assurer que le service des grands établissements se fait avec la régularité nécessaire et prescrite par les règlements ou par les marchés.

Dans des cas pareils, il convient de recourir à l'installation d'anémomètres de plus grandes dimensions, mis en rapport avec un compteur électrique, placé dans le cabinet du chef de l'établissement ou dans un lieu apparent et à l'aide desquels on peut, d'heure en heure ou chaque matin et chaque soir, reconnaître de suite si le renouvellement de l'air a eu la régularité et l'activité prescrites.

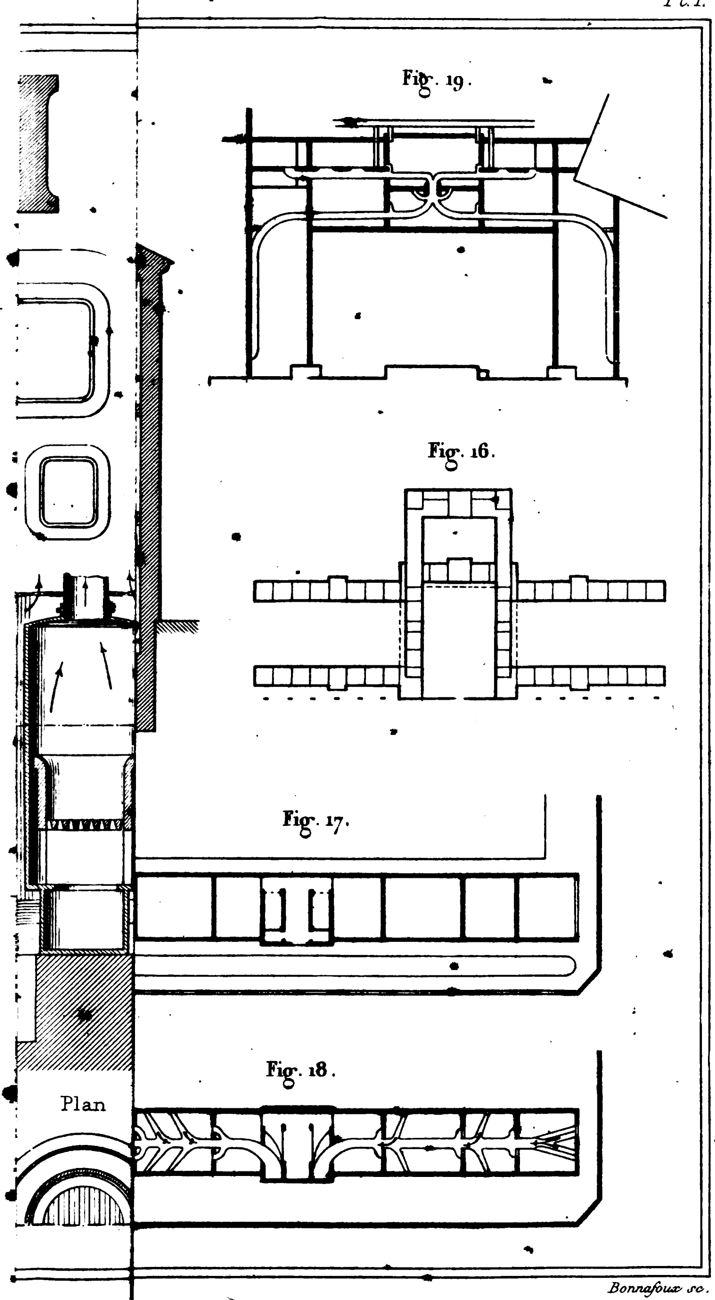
Ce n'est pas ici le lieu de décrire ces appareils [1], je me bornerai à dire qu'un anémomètre de ce genre est employé avec succès, depuis plusieurs années, au Conservatoire des arts et métiers, pour assurer la régularité du service de la ventilation des amphithéâtres, et que chaque année il y fonctionne environ cinq mois de suite sans dérangement et sans exiger d'autre soin que le renouvellement des sels de la pile deux ou trois fois par saison.

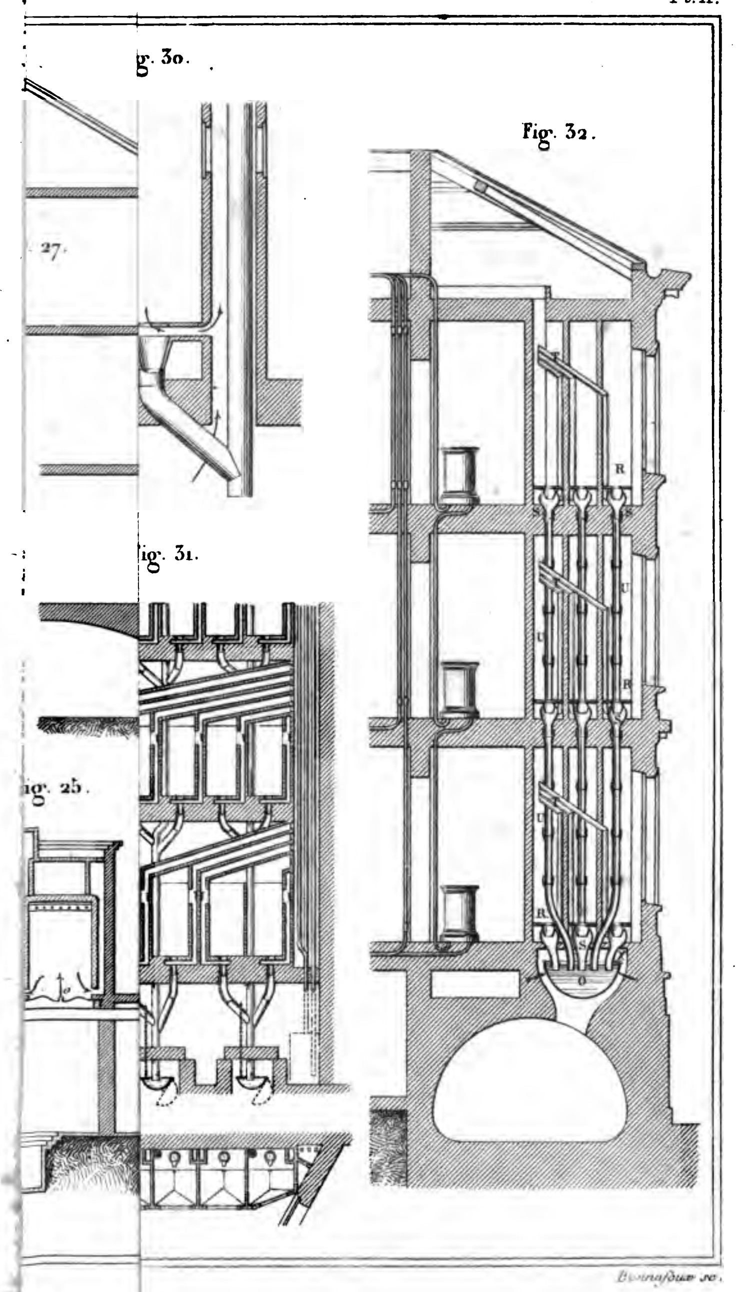
1. Voir les *Annales du Conservatoire*, 5[e] volume, 1864, page 341.

Un autre anémomètre semblable a fonctionné avec continuité dans des cheminées d'évacuation de l'hôpital Lariboisière pendant plusieurs mois, et a servi à faire connaître tous les matins, pour le service de nuit, et tous les soirs pour le service de jour, le volume d'air vicié évacué d'un même pavillon de 106 lits pendant douze heures consécutives.

Des moyens d'observation de ce genre, automatiques et indépendants de l'action personnelle des employés, sont des corollaires indispensables des grands dispositifs de ventilation, si l'on veut que le service y soit assuré d'une manière régulière et ils rendent la surveillance des chefs d'établissement très-facile et très-efficace.

FIN.


Pl. I.
Fig. 19.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Plan
Bonnafoux sc.



Bonnafoux sc.

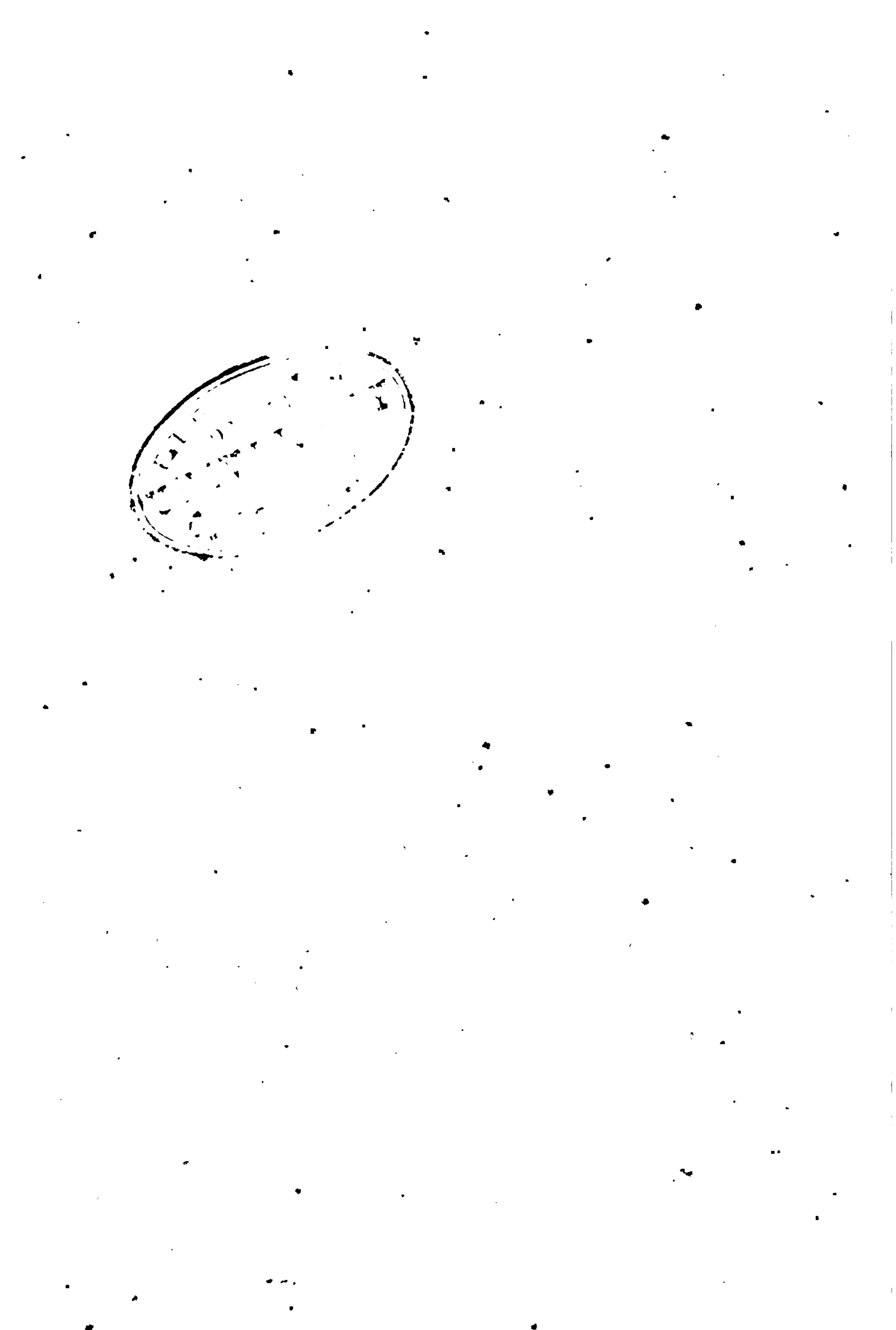


TABLE DES MATIÈRES

Numéros.		Pages.
	PRÉFACE	I
1.	DU CHAUFFAGE	1
2.	Appareils de chauffage	1
3.	Des cheminées	2
	Cheminées ordinaires. — Description	2
4.	Avantages et inconvénients généraux des cheminées ordinaires	3
5.	Rendement calorifique des cheminées ordinaires	4
6.	Proportions suffisantes pour le renouvellement de l'air et pour le tirage des cheminés	4
7.	Proportions des tuyaux de cheminées et des mitres des maisons particulières	5
8.	Proportions des tuyaux de fumée et des mitres dans les maisons à loyer, à plusieurs étages	6
9.	Tuyaux en briques moulées dits *wagons*	6
10.	Tuyaux dits *boisseaux* destinés aux cheminées adossées à des murs	7
11.	Observation	8
12.	Tuyaux en briques cintrées dites *briques Gourlier*	8
13.	Cheminées ventilatrices. — Description	9
14.	Proportions des cheminées ventilatrices	10
15.	Observations relatives aux grands appartements	10
16.	Des poêles. — Services particuliers	11
17.	Dangers de l'usage des poêles en fonte	11
18.	Poêles à circulation d'air	13
19.	Poêles du modèle de feu René Duvoir et de la Compagnie d'éclairage au gaz	13
20.	Poêles calorifères de M. Chaussenot et autres analogues	14
21.	Améliorations à introduire dans la construction des poêles	15
22.	Des poêles et des cheminées à flamme renversée	16
23.	Calorifères à air chaud	17
24.	Chauffage à la vapeur	20
25.	Chauffage par circulation d'eau chaude	23
26.	Proportions à donner aux surfaces de chauffe	24
27.	Chauffage par circulation d'eau chaude à haute température	25
28.	Combinaison du chauffage à l'eau chaude avec le chauffage à l'air chaud	26
29.	Combinaison du chauffage et de la ventilation par appel	26

Numéros. Pages.
30. Conclusions générales des expériences exécutées en 1865-1866. — Classement des appareils de chauffage au point de vue du rendement calorifique.... 26
31. De la ventilation. — Propriétés de l'air.... 27
32. Variation de la densité.... 30
33. Loi de Mariotte.... 31
34. Relation générale entre la pression, le volume, la température et la densité de l'air.... 31
35. Principe d'Archimède. — Ses effets.... 32
36. Fréquence des effets précédents.... 33
37. Instabilité de l'équilibre de l'air.... 34
38. Principes généraux de la ventilation.... 34
39. Influence des saisons.... 37
40. Du volume d'air à extraire et à introduire par individu pour assurer la salubrité des lieux habités.... 38
41. Températures convenables.... 38
42. Moyens de régler la température de l'air affluent.... 39
43. Règles théoriques et pratiques.... 39
44. Conséquences de ces formules.... 40
45. Différence de température généralement suffisante.... 41
46. Insuffisance de la ventilation naturelle.... 41
47. Renversement accidentel du mouvement de l'air.... 42
48. Insuffisance de l'ouverture des fenêtres.... 43
49. Emplacement des orifices d'admission et d'évacuation de l'air.... 43
50. Vitesses convenables de l'air dans les orifices et conduits d'évacuation.... 44
51. Sections à donner aux orifices et aux conduits d'appel ou d'évacuation.... 44
52. Vitesses convenables de l'air aux orifices d'introduction.... 45
53. Sections à donner aux orifices d'introduction de l'air.... 46
54. Moyens d'atténuer les effets des courants d'air affluent déterminés par l'aspiration.... 46
55. Applications. — Ventilation par les cheminées ordinaires.... 47
56. Emploi des cheminées pour la ventilation d'été à l'aide de becs de gaz. 48
57. Conduits d'évacuation auxiliaires.... 49
58. Crèches. — Salles d'asile.... 49
59. Résultats d'expériences exécutées à la crèche Saint-Ambroise.... 53
60. Proportions à adopter pour une crèche de 50 berceaux.... 56
61. Écoles primaires.... 57
62. Exemple. — École de la rue des Petits-Hôtels, à Paris.... 58
63. Écoles d'adultes.... 62
64. Salles de dessin ouvertes le soir.... 62
65. Dispositions à adopter dans les écoles déjà construites.... 64
66. Lycées et colléges.... 65
67. Application au lycée de Toulon.... 66
68. Ateliers ordinaires.... 70
69. Ateliers de préparation de la gélatine, des graisses.... 71
70. Fabriques de chlorure de chaux et autres, où se dégagent des vapeurs acides.... 71

Numéros. Pages.
71. Fabriques d'allumettes chimiques........................ 72
72. Des fabriques.. 74
73. Ateliers où il se produit des poussières plus ou moins dangereuses. 75
74. Aiguiseries.. 76
75. Aiguiseries à l'eau.................................. 76
76. Application.. 78
77. Étuves... 79
78. Séchoirs à linge..................................... 79
79. Séchoirs des poudreries.............................. 81
80. Casernes... 82
81. Utilisation de la chaleur perdue par les fourneaux de cuisine.... 83
82. Hôpitaux. — Dispositions générales et proportions à adopter pour la ventilation des hôpitaux.............................. 84
83. Avantage de l'appel par en bas....................... 85
84. Cas où les murs n'auraient pas une épaisseur suffisante.......... 87
85. Emplacement des orifices d'évacuation................ 87
86. Proportions des gaînes d'évacuation et des conduits collecteurs... 88
87. Cheminées d'évacuation............................... 89
88. Cas où l'on peut faire l'appel au niveau du plancher............ 90
89. Utilisation de la chaleur perdue des buanderies et des cuisines... 91
90. Application des règles précédentes................... 91
91. Introduction de l'air nouveau........................ 92
92. Dispositions pour la ventilation d'été............... 95
93. Emploi de la chaleur des appareils d'éclairage....... 95
94. Dispositions à prendre en cas d'encombrement......... 96
95. Des hospices... 96
96. Des églises.. 97
97. Des gares de chemins de fer.......................... 99
98. Arrosage des toitures................................ 101
99. Exemple.. 101
100. Marchés et cours couvertes.......................... 102
101. Des toitures et des plafonds vitrés pendant l'hiver.............. 102
102. Observations de jour et du soir au château de Ferrières......... 103
103. Des habitations privées............................. 106
104. Cours intérieures des maisons d'habitation.......... 106
105. Cuisines. — Exemples................................ 107
106. Emploi des becs de gaz pour la ventilation des cuisines......... 107
107. Utilisation de la chaleur perdue des fourneaux de cuisine pour la ventilation et pour le service des bains................. 108
108. Utilisation de la chaleur, etc. (*Suite*)........... 109
109. Lieux d'aisances.................................... 109
110. Exemple. — Bâtiment d'administration du chemin de fer du Nord. 111
111. Disposition adoptée à l'hôpital Lariboisière........ 112
112. Des puisards.. 113
113. Des salles à manger................................. 113
114. Salle des fêtes à l'hôtel de ville de Paris......... 114
115. Salle du Trône...................................... 116
116. Salle à manger...................................... 117
117. Des salons de réception............................. 119

Numéros. Pages.
118. Application à la salle des Maréchaux du palais des Tuileries..... 119
119. Introduction de l'air.......... 121
120. Des salles d'assemblées et des amphithéâtres.......... 123
121. Introduction de l'air nouveau.......... 124
122. Des théâtres.......... 126
123. Prises d'air.......... 127
124. Introduction de l'air.......... 128
125. Précautions à prendre.......... 128
126. Évacuation de l'air vicié.......... 129
127. Utilisation de la chaleur développée par les appareils d'éclairage.. 131
128. Ventilation de la scène.......... 132
129. Précautions à prendre contre les rentrées d'air froid sur la scène. 132
130. Des appareils d'éclairage de la salle.......... 132
131. Dispositions à prendre pour assurer et régler le service du chauffage et de la ventilation.......... 133
132. Application. — Théâtre Lyrique.......... 133
133. Prise d'air extérieur.......... 134
134. Altération des dispositions prises.......... 135
135. Rez-de-chaussée.......... 135
136. Évacuation de l'air vicié.......... 136
137. Maintien de l'égalité des températures aux divers étages.......... 137
138. Température de la scène.......... 138
139. Volume d'air évacué de la coupole par mètre cube de gaz brûlé... 139
140. Conséquences des faits précédents.......... 139
141. Des écuries et des étables.......... 139
142. De l'ouverture permanente des portes et des fenêtres.......... 140
143. Du volume d'air à allouer par tête d'animal.......... 140
144. Emploi des becs de gaz.......... 141
145. Étables à vaches laitières.......... 141
146. Des moyens à employer pour constater la marche et les résultats d'un service de ventilation.......... 141
147. Moyens de contrôle de la régularité d'un service de ventilation .. 143

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Imprimerie générale de Ch. Lahure, rue de Fleurus, 9, à Paris.

Pa
es...... 1
ège... 2
ène. 3
au-

